

**TRATTATO DI
COSTRUZIONE
DETTATO SECONDO
LE NORME DEL
PROGRAMMA...**



TRATTATO DI COSTRUZIONE

DETTATO

SECONDO LE NORME DEL PROGRAMMA GOVERNATIVO

con una Appendice contenente

la RELAZIONE, i TIPI, il COMPUTO METRICO,
l'ANALISI DEI PREZZI, la STIMA e il CAPITOLATO D'APPALTO
d'una Casa Civile

DA

FRANCESCO NONNIS-MARZANO

PROFESSORE DI COSTRUZIONE,

MECCANICA APPLICATA E GEOMETRIA DESCRITTIVA

NEL R. ISTITUTO TECNICO DI FORLÌ

~~~~~  
OPERA

DEDICATA A SUA ECCELLENZA IL COMMENDATORE

STEFANO CASTAGNOLA

MINISTRO D'AGRICOLTURA, INDUSTRIA E COMMERCIO



Parte III.<sup>a</sup>

STABILIMENTI CIVILLI

FIRENZE,

Via Panicali, N. 39.

MILANO  
Via Stallo, 9.

ROMA  
Piazza Trejana, 37.

TORINO  
Via S. Anselmo, 1.

VERONA  
Canto Navi, via Degana.

ANCONA  
Corso Vittorio Emanuele.

1872.

La presente Opera è posta sotto la salvaguardia delle leggi,  
essendosi adempiuto a quant'esse prescrivono.

## LIBRO SETTIMO.

### Equilibrio delle fabbriche o Teoria delle costruzioni

#### CAPITOLO I.

##### Stabilità delle costruzioni murali.

§16. CONSIDERAZIONI GENERALI. — Dicesi *teoria delle costruzioni o equilibrio delle fabbriche*, la scienza che si propone di determinare le forme e le dimensioni che debbono darsi alle diverse parti degli edifizî per assicurarne la stabilità.

Principal base di questa scienza è la buona pratica, sulla quale sono fondate le elucubrazioni o ragionamenti i cui risultati esser debbono la guida del costruttore. E tanto più grande sarà poi il conto in cui si terranno siffatti risultati quanto più fondate furono le ipotesi da cui si parti la teoria.

È perciò che nell'arte di edificare i risultamenti teorici debbono esser sempre considerati siccome soluzioni condizionali, subordinate sempre cioè alle materiali circostanze della costruzione.

Molti fatti in questa nobilissima arte del costruire non possono essere conosciuti che per esperienza. E quantunque il calcolo, la geometria e la meccanica, applicate in modo conveniente, possano farne conoscere la stabilità e la resistenza delle varie parti d'un edifizio, relativamente al peso e alla forma di esse, pure non possono da se sole, le suddette scienze, determinare il grado di stabilità e di resistenza di tutto l'insieme delle sullodate parti, avuto riguardo alla loro posizione, al modo onde sono costrutte, ed al suolo su cui sono erette.

Facendo astrazione difatti da queste, e da varie altre circostanze bene determinate dalla pratica e dall'esperienza, si potrebbe dimostrare che un pilastro o colonna in muratura, in legname o ferro, potrebbe raggiungere un'altezza infinita, qualunque si fosse il rapporto della stessa altezza alla dimensione di grossezza o larghezza della base. Questo fatto però è ben lungi dal verificarsi; e l'esperienza ne dimostra, che a misura che un corpo s'eleva al disopra di otto o dodici volte la grossezza della sua base, perde sempre in stabilità, e a tal segno, che raggiunto un certo limite, variabile secondo la natura del corpo, ma sempre bene



*Rondelet* (1), fu tra i primi a valersi di questo consiglio, determinando per moltissimi casi, alcune regole pratiche dedotte dalla stabilità di moltissimi edifizii da lui visitati, particolarmente in Italia, e dal rapporto riscontrato fra la somma delle aree occupate dalle basi di tutti i sostegni murali di un edificio, e la totale area sulla quale l'edificio medesimo si estendeva.

Accettando le regole pratiche date dal *Rondelet*, in una a quelle di quanti altri seppero prima e dopo di lui presentarne a vantaggio della pratica dell'arte del costruire, e determinando l'equilibrio dianzi ricordato per tutti quei casi nei quali, o soccorre poco una regola pratica, o è valevole la teoria a porgerne facili e sicuri risultati, eccomi a studiare le principali questioni che, alla stabilità delle opere murali, s'appartengono.

818. FORMA DEI MURI, E SCELTA DELLE DIMENSIONI A CALCOLARSI. — A sempre più quindi limitarmi il campo delle questioni a studiare per risolvere il meglio possibile la seconda delle condizioni generali risguardanti la stabilità d'un'opera murale, avverto qui due essere i tipi principali a cui si conformano i muri o sostegni, nei quali si svolge la resistenza, quella cioè di *muri dritti* nella cui denominazione sono compresi tutti quelli formati da facce laterali verticali, siano queste piane o curve; e quella di *muri a scarpa* che hanno una o entrambe le faccie laterali inclinate, rimanendo poi piane o curve.

La prima forma si riserva più particolarmente a quei muri destinati a sostenere il proprio peso, e quello di opere sovrastanti, come solai, volte e coperti, per cui ai muri di cinta, ai muri di casa, e ai piedritti delle volte. La seconda invece è solo usata quando i muri hanno da opporsi ad una spinta laterale, perchè l'inclinazione del muro, come dimostrerò in avanti, accresce il momento della resistenza. A questo scopo medesimo, non è raro che i muri dritti, vengano da una o da entrambe le faccie laterali di lunghezza, aumentati di alcuni *contrafforti* o *speroni*, parallelepipedi murali cioè a base di rettangolo o trapezio, disposti a determinate distanze fra di loro, e alti per tutta, o parte dell'altezza dello stesso muro.

Per riguardo poi alla scelta della dimensione da porre a calcolo, è bene osservare che dovendo la lunghezza e l'altezza del muro corrispondere al fine dell'opera che vuolsi edificare, esse ne verranno date dalle condizioni del fine medesimo, e a noi non rimarrà quasi mai a porre a calcolo che la sola grossezza o spessore del muro; dimensione che, come agevolmente intendosi, è tutta in relazione e dipendenza della specie di

---

(1) *Rondelet. Trattato teorico e pratico dell'arte di edificare. Traduzione del francese di Basilio Sacchini.*

resistenza che il muro deve svolgere, e dell'entità della pressione o della spinta che ne sarà sempre pur nota.

819. GROSSEZZA A Darsi AI MURI DI CHIUSURA O DI CINTA, E ISOLATI. — Dico muri di chiusura o di cinta, e isolati, quei massi parallelepipedi di muratura i quali non reggendo che il proprio peso, e chiudendo una area da un sol lato, o cingendola d'attorno secondo i lati d'un poligono o la periferia d'un circolo, s'alzano sul terreno con entrambe le faccie laterali isolate. — Considerando però che muri siffatti, appunto per l'isolamento in cui si trovano possono soggiacere ad una spinta orizzontale, come sarebbe quella del vento, parrai necessità distinguere due casi, nella determinazione della loro grossezza, e cioè:

1° quando non soggiacciano alla spinta del vento;

2° quando possano o debbano soggiacervi.

820. GROSSEZZA DEI MURI DI CINTA E ISOLATI CHE NON SOPPORTANO LA SPINTA DEL VENTO. — In questo primo caso, e fino a che il muro sia in una sola linea retta, la sua grossezza è bene tenerla fra  $\frac{1}{12}$  e  $\frac{1}{8}$  della prefissa altezza. Di ciò ne dà buona ragione, l'osservazione notata al *Capitolo V* del *Libro secondo*, in proposito alla resistenza alla compressione, la quale, come vedemmo, diminuisce mano a mano che l'altezza si rende otto, dodici, o più volte maggiore della grossezza del corpo. Quando poi, e nello stesso primo caso, il muro dovesse essere di cinta, e poligonale o circolare, la sua grossezza si determina a mezzo d'un procedimento grafico consigliato da *Rondelet*, e il quale offre varietà nel risultato, secondo che la cinta è regolare o irregolare con altezza eguale o diseguale nei lati, oppure è una circonferenza.

A intendere il procedimento del *Rondelet*, si costruisca un triangolo rettangolo, come quello che ne presenta la fig. 176<sup>a</sup> con i cateti AB e BC d'altezza e di base del triangolo eguali all'altezza e lunghezza del muro di cui si ricerca la grossezza. Si porti quindi sull'ipotenusa da A in *m* l'*ottava*, la *decima*, o la *dodicesima* parte dell'altezza AB, secondo che si richiede una stabilità *massima*, *media*, o *minima*, e dal punto *m* si conduca la *mn* parallela alla base BC, la quale segnerà ad un tempo la grossezza che comperterà al muro.

Ora se il poligono di cinta è regolare e l'altezza di tutti i singoli i lati è uguale, uguale del pari e costante sarà la grossezza di tutti i lati, e basterà per determinarla, di costruire il suddetto triangolo rettangolo con cateti corrispondenti alla lunghezza d'un lato, e all'altezza comune dei lati stessi.

Se è regolare il poligono di cinta, ma varia l'altezza dei lati, questi si avranno grossezze differenti per quante sono le differenti altezze, e ciascuna grossezza verrà determinata con altrettanti triangoli rettangoli

aventi tutti lo stesso cateto di base, corrispondente alla lunghezza comune dei lati del poligono, ma differente il cateto d'altezza.

Se infine poi il poligono di cinta fosse irregolare, e si avesse eguali o ineguali le altezze dei lati, questi si avrebbero ancora differente grossezza, determinata però con altrettanti triangoli rettangoli col cateto di altezza costante o vario, ma sempre vario il cateto di base.

La similitudine dei due triangoli  $Anm$ ,  $ABC$  ne permette d'esprimere in una semplicissima formola lo stesso procedimento grafico del *Rondelet*.

Dalla relazione difatti  $AC = \sqrt{AB^2 + BC^2}$ , e dalla proporzione

$$nm : Am :: BC : AC :: BC : \sqrt{AB^2 + BC^2}, \text{ fatto } Am = \frac{1}{8} AB = \frac{AB}{8} \text{ si ricava}$$

$$nm = \frac{AB}{8} \times \frac{BC}{\sqrt{AB^2 + BC^2}};$$

per cui, detto  $nm = s$ , spessore ricercato;  $AB = a$ , altezza del muro di cinta; e  $BC = l$ , lunghezza cioè dello stesso muro, il ricercato spessore verrà espresso da

$$s = \frac{a}{8} \times \frac{l}{\sqrt{a^2 + l^2}}$$

Ora l'applicazione di questa formola ai più semplici casi, 1° ne fa conoscere che la grossezza d'un muro s'accresce a misura che s'aumentano del pari l'altezza e la lunghezza di esso; 2° che diminuendosi d'ordinario la lunghezza dei lati d'un poligono all'aumentarsi del numero di essi, si diminuirà del pari la grossezza d'un muro di cinta poligonale all'aumentarsi del numero dei lati di essa.

Da ciò, e poichè una circonferenza di circolo è a considerarsi come un poligono d'un numero infinito di lati piccolissimi, la grossezza d'un muro di cinta circolare non potrebbe essere che infinitamente piccola, a petto dell'altezza che può avere lo stesso muro.

Questo fatto, che ha pure la sua conferma osservando, come dice il *Rondelet*, che un foglio di carta, per sottile che ci siasi, conformato a cilindro sta dritto su d'una tavola, mentre non vi sta ove si ponga per disteso, non è però ammissibile nella pratica, causa le molteplici circostanze che concorrono ad alterare la stabilità d'un'opera murale, e principalissima l'esser questa formata di parti che si collegano fra loro artificialmente. È perciò che lo stesso *Rondelet*, dietro l'esame della stabilità che gli presentarono moltissimi muri di cinta circolare o poli-

gonale di molti lati, costruiti già da lunghissimo tempo, fra i quali il muro di cinta della rotonda di Santo Stefano a Roma, e per la considerazione ancora che uno spessore, maggiore per certo al piccolissimo che la surricordata formula offriva pei muri di cinta circolare o poligonale d'un numero di lati superiore al dodici, era necessario si avessero muri siffatti, consigliò di determinare la grossezza dei medesimi a mezzo della sovraddetta formula, pur però di considerare tanto un circolo quanto un poligono regolare di un numero di lati maggiore di dodici, come un dodecagono regolare inscritto in un circolo di raggio eguale a quello del circolo dato, o di quello inscritto nel dato poligono.

E poichè la grossezza o spessore d'un muro di cinta poligonale di 12 lati, essendo  $l$  la lunghezza del lato, ed  $a$  l'altezza della stessa cinta, si ottiene dalla relazione

$$s = \frac{a}{8} \times \frac{l}{\sqrt{a^2 + l^2}},$$

così, la grossezza o spessore d'un muro di cinta circolare, o poligonale di 20 lati, e a cui rispondesse  $R$  per raggio del dodecagono regolare, supposta  $a$  l'altezza dello stesso muro, ne verrebbe offerta dalla relazione

$$s = \frac{a}{8} \times \frac{R}{\sqrt{R^2 + a^2}}.$$

Alcuni costruttori consigliano invece di determinare la grossezza o spessore di siffatti muri, applicando la stessa formula come nel caso d'un poligono regolare, il cui lato però fosse lungo per la metà del raggio di cinta.

Dicendo dunque  $R$  questo raggio, il quale per le cinte poligonali d'un numero di lati superiore al dodici, è sempre quello del circolo inscritto, lo spessore in parola, ne sarà dato dalla relazione

$$s = \frac{a}{8} \times \frac{\frac{R}{2}}{\sqrt{a^2 + \frac{R^2}{4}}}.$$

821. GROSSEZZA A DARSÌ AI MURI ISOLATI CHE SOPPORTANO LA SPINTA DEL VENTO. — In questo 2° caso, e quando un muro isolato possa o debba soggiacere ad una spinta orizzontale, quale sarebbe, come dissi già, quella del vento, la grossezza del muro deve esser tale da permettere che il muro stesso, validamente ed efficacemente si opponga agli effetti

della spinta. E poichè questi come già accennai nel principio di questo libro, non sono, che, o d'imprimere un movimento progressivo nel muro sulla sua base, o un movimento rotatorio o di rovesciamento del muro stesso sullo spigolo di base, opposto alla parte del muro sui cui agisce la spinta, uopo è che il muro valga per cagione di sua grossezza a opporsi ad entrambi questi due specialissimi movimenti.

Ora e per riguardo al primo, ossia al moto progressivo, tendendo l'azione della spinta  $S$  a disgiungere in due parti il masso di muratura, e farne una scorrere sull'altra che rimane immobile, si opporrà ad esso la coesione delle malte, l'aderenza di esse coi materiali, e più di tutte l'attrito che si svolge nello scorrere dell'una parte sopra l'altra di muratura.

La resistenza dovuta alle prime si svolge proporzionalmente alla sezione retta del muro. E poichè da esperienze all'uopo istituite siffatta resistenza si può valutare fra  $C. g: 0, 01$  a  $C. g: 0, 025$  per ogni millimetro quadrato della sezione sulla quale il masso murale tende a disgiungersi per causa della spinta, secondo la qualità delle malte, il minore o maggior tempo durante il quale si lasciano indurire, così dicendo  $l$  la lunghezza del muro,  $s$  il suo spessore ed  $R$  il valore per unità di superficie di siffatta esperienza, la resistenza medesima sarà espressa da

$$s \ l \ R.$$

La resistenza all'attrito poi è proporzionale alla pressione che la parte superiore del masso murale esercita contro la parte inferiore, e varia colla natura e collo stato delle superficie in contatto, rimanendo indipendente dall'estensione di questa superficie. Dicendo  $P$  la pressione esercitata dalla parte superiore del masso sull'inferiore, ed  $f$  un coefficiente d'attrito, la resistenza medesima è espressa dal prodotto

$$P \ f.$$

Questo coefficiente  $f$ , varia secondo che l'attrito si svolge o per scorrere di muratura sopra muratura, o per scorrere di muratura sopra le fondazioni. Nel primo caso, esso valutasi di  $0, 76$  se la muratura è già assodata, e le malte fecero buona presa; e di  $0, 57$  quando le malte sono ancora fresche. Nel secondo caso si valuta egualmente di  $0, 76$  quando le murature sono stabilite sulla roccia naturale, o sul calcestruzzo; di  $0, 57$  quando sono stabilite su terra o su sabbia: e infine di  $0, 30$  quando sono elevate su un fondo argilloso alquanto soggetto a lasciarsi rammollire dall'acqua.

Ora nell'applicazione di queste considerazioni per stabilire una relazione d'equilibrio fra il valore della spinta e la resistenza del masso murale, affine di poter determinare quale grossezza a questo masso competerà, sonovi alcuni autori, i quali non tengono calcolo che della sola resistenza d'attrito, sulla considerazione che essa si svolge non appena viene distrutta la resistenza alla coesione, la quale è variabilissima a seconda delle più o meno favorevoli condizioni in cui trovasi la muratura.

Avendo però significato superiormente anche il valore della resistenza alla coesione per unità superficiale, quale lo offrono le migliori esperienze istituite a proposito, stimo presentar qui la relazione a stabilirsi fra il valore della spinta e la resistenza del muro, limitatamente al moto progressivo, e sia che vogliasi tener conto delle due resistenze d'attrito e di coesione, sia che vogliasi considerare solamente la resistenza d'attrito.

822. RELAZIONE A STABILIRSI FRA IL VALORE DELLA SPINTA E LA RESISTENZA DEL MURO PER OVVIARE AL MOTO PROGRESSIVO. — Sia ABCD fig. 177<sup>a</sup> la sezione trasversale d'un muro sottoposto all'azione della spinta orizzontale S. È chiaro che ove la spinta possa produrre un moto di traslazione o progressivo, essa non potrà che disgiungere il masso murale nella sezione che segue immediatamente il punto d'applicazione della spinta, e la quale perciò appunto dicesi sezione del maggior pericolo di rottura. Ora o questa sezione è orizzontale, o è inclinata all'orizzonte. E poichè il secondo caso mi presenta la maggior generalità così, nella stessa fig. 177<sup>a</sup> supporrò la sezione di rottura rappresentata dalla linea EM inclinata all'orizzonte dell'angolo  $MEF = \alpha$ .

Siano quindi, A la superficie della sezione di rottura rappresentata da EM, S la spinta orizzontale rappresentata dalla ES, P il peso della porzione soprastante di muratura MECD, R la resistenza alla coesione, ed  $f$  il coefficiente d'attrito.

Decomponendo la spinta S ed il peso P, in due componenti, Q e V. Q' e V' le une parallele, le altre perpendicolari alla direzione della sezione di rottura EM, il moto progressivo o di scorrimento è dovuto alla somma delle due componenti parallele Q e Q', mentre il moto stesso è impedito dalla differenza fra le due componenti del peso e della spinta normali alla sezione di scorrimento EM, in una all'attrito.

E poichè il moto, e conseguentemente l'azione dell'attrito, non si verifica se non dopo distrutta la resistenza alla coesione, così, essendovi anzi tutto a vincer questa, per l'equilibrio si dovranno verificare due relazioni  $Q + Q' = A \cdot R$  (i), e  $Q + Q' = f (V' - V)$  (ii) intendendo per A. R, come già notai nel paragrafo precedente, il valore della resistenza alla coesione che si svolge nella sezione A di rottura.

Ora, si hanno le relazioni

$Q = S \cos. QES$ ,  $Q' = P \sin. GPQ'$ ,  $V = S \sin. VSE$ ,  $V' = P \cos. PGV'$   
e per la somiglianza dei triangoli  $GQP$ ,  $SQE$ ,  $EFM$ , si ha

$$QES = GPQ' = VSE' = PGV' = MEF = \alpha$$

dunque sostituendo nella (i) e nella (ii) si avranno per l'equilibrio le nuove relazioni

$$S \cos. \alpha + P \sin. \alpha = AR \text{ (iii)}$$

$$S \cos. \alpha + P \sin. \alpha = f (P \cos. \alpha - Q \sin. \alpha) \text{ (iv)}.$$

Moltiplicando ambo i secondi membri di queste due eguaglianze per il coefficiente di stabilità relativo alla forza di coesione e alla forza d'attrito, una quantità cioè più piccola dell'unità e determinata dalla pratica in

$\frac{1}{10}$  per la coesione, e fra  $\frac{4}{5}$  e  $\frac{2}{5}$  per l'attrito, ove si dica  $r$  il coefficiente di stabilità per la coesione,  $r'$  quello dell'attrito, si avranno le relazioni di stabilità nelle due seguenti

$$S \cos \alpha + P \sin \alpha = r AR \text{ (v)}$$

$$S \cos \alpha + P \sin \alpha = r' f (P \cos \alpha - Q \sin \alpha) \text{ (vi)}.$$

Quando la direzione della sezione di rottura fosse orizzontale, l'angolo  $\alpha$  sarebbe eguale a zero e le due relazioni (v) e (vi) si tradurrebbero nelle seguenti

$$S = r AR \text{ (vii)}$$

$$S = r' f P \text{ (viii)}$$

per essere  $\cos. \alpha = 1$  e  $\sin. \alpha = 0$ . Sostituendo ad  $S$ ,  $r$ ,  $r'$ ,  $f$ ,  $R$  i loro valori, e determinando in funzione delle dimensioni cognite del muro e della forma della sezione il valore di  $A$  e di  $P$ , il quale ultimo rappresenta il peso del muro, si avrà un'equazione di 1° grado la cui incognita sarà la richiesta grossezza del muro.

Se mai si applicassero entrambe le relazioni (vii) e (viii), e si risolveressero le risultanti equazioni di 1° grado, si avrebbero per l'incognita grossezza del muro due valori  $x'$ ,  $x''$  relativi alle stesse due equazioni. In simil caso, è chiaro che possono avvenire tre distinti casi; e cioè: 1.° o  $x' > x''$ , e in allora il muro colla trovata grossezza sarebbe in tali condizioni di stabilità che anche supponendo distrutta la coesione delle malte nella sezione di rottura, basterebbe la resistenza dovuta all'attrito per dargli maggiore stabilità di quella che gli è necessaria; 2.° o  $x' = x''$ , ed in allora la resistenza dovuta all'attrito che si sviluppa nella sezione di rottura, quando in essa venisse meno la resistenza dovuta alla coesione delle malte basterebbe a dare al muro la necessaria stabilità; 3.° o infine  $x' < x''$  e in allora conviene dare al muro la grossezza  $x''$  perchè

altrimenti mancherebbe al muro la necessaria stabilità tosto distrutta la resistenza dovuta alla coesione delle malte nella sezione di rottura.

823. ESEMPIO NUMERICO D'APPLICAZIONE. — Quale spessore converrà dare ad un muro retto parallelepipedo da costruirsi in mattoni con malta di calce, alto m. 4, lungo m. 6, 50 per opporsi al moto progressivo che può imprimergli una forza di 3000 C. g. applicata alla metà altezza del muro, essendo di 2200 C. g. il peso della muratura a m. c.

SOLUZIONE. Applicando la relazione (vii) si avrà

$$\text{C. g. } 3000 = \frac{1}{40} 6,50 \cdot 2000 x, \text{ da cui}$$

$$x = \frac{3000}{13000} = \text{m. } 0,23.$$

Applicando la relazione (viii) si avrebbe invece

$$\text{C. g. } 3000 = \frac{3}{5} 0,76 \cdot 2 \cdot 6,50 \cdot 2200 x, \text{ da cui}$$

$$x = \frac{3000}{13041,6} = \text{m. } 0,23.$$

OSSERVAZIONI. — 1° Si noti che il valore di P nell'applicazione della (viii) è la metà di quello che compete a tutto il muro, essendochè avendo supposto applicata la spinta alla metà altezza del muro, la sezione di rottura e di scorrimento sarà anche alla metà altezza.

2° Quando la spinta agisce uniformemente per ogni unità superficiale della parete del muro, come avviene della spinta del vento, il valore che si calcola della spinta, è espresso dal prodotto del valore unitario della stessa spinta, ossia del valore della spinta per ogni unità di superficie, per il numero delle unità superficiali che la parete del muro contiene; ed il punto d'applicazione della spinta stessa sarà nel centro di figura della parete.

824. RELAZIONE A STABILIRSI FRA IL VALORE DELLA SPINTA E LA RESISTENZA DEL MURO PER OVVIARE AL MOTO ROTATORIO O DI ROVESCIMENTO. — Il secondo effetto che può produrre la spinta esercitata su d'un muro dissì essere il rovesciamento di questo, attorno allo spigolo della base del muro, opposto alla direzione della spinta. Per simili casi però, e siccome la spinta agisce soccorsa da un braccio di leva o d'azione per cui più che la spinta stessa si calcola il suo momento, ossia il prodotto della spinta per il braccio di leva che le corrisponde, così la relazione d'equi-



librio che dovremo stabilire sarà fra il momento della spinta, e il momento del muro: un prodotto parimenti ma del peso del muro per il braccio di leva o d'azione del muro, relativamente allo spigolo attorno a cui si rovescerà (1).

In generale quindi se diconsi  $b$  ed  $m$  il braccio d'azione della spinta e del peso del muro, la relazione d'equilibrio verrà espressa da

$$S \cdot b = P \cdot m. (i)$$

E poichè i valori di  $S$  e di  $P$  ci sono noti, tutto riducesi a determinare il valore dei due bracci di leva, relativamente al punto d'applicazione della spinta, del peso del muro, e della direzione dello spigolo del muro attorno a cui si rovescia, o ruota lo stesso muro.

Ora e per riguardo al braccio d'azione della spinta, esso è sempre dato dalla perpendicolare abbassata dal punto d'applicazione della spinta stessa, sulla base del muro, ove è lo spigolo su cui è per rovesciarsi.

E poichè il punto d'applicazione della spinta ne è sempre dato, il braccio di leva della spinta stessa riuscirà sempre una funzione dell'altezza del muro, e conseguentemente una quantità nota.

Per riguardo poi al braccio di leva, o d'azione del peso del muro, esso varia a seconda della figura che si dà allo stesso muro.

1° Per un muro retto parallelepipedo, la cui sezione trasversale sia rappresentata in ABCD fig. 178<sup>a</sup> insistente sopra un piano orizzontale AB, il braccio di leva è rappresentato da OA, dalla perpendicolare cioè condotta dallo spigolo A attorno a cui tende a ruotare il muro sulla verticale abbassata dal centro di gravità. E poichè in una al braccio di leva ne occorre anche di conoscere il momento del peso del muro, dicendo  $a$  l'altezza,  $l$  la lunghezza, ed  $s$  lo spessore AB del muro, osservando che  $oA = \frac{1}{2} s$ , il momento del peso del muro ne sarà espresso, dicendo  $G$  il peso specifico del materiale di cui si ha a comporre il muro, da

$$a \cdot l \cdot s \cdot G \times \frac{s}{2} = \frac{1}{2} G a s^2 (i).$$

(1) Una forza operante che agisca la metà di un braccio di leva produce un effetto di tanto maggiore di quello che sarebbe proprio del suo valore assoluto, per quanto è più grande il braccio di leva. Basti a provare l'asserto, l'osservazione a farsi sul caso che si studia nel testo. La forza qualunque che esercitando una spinta orizzontale su d'un muro, tenda a rovesciarlo, produrrà sempre più un maggiore effetto, quanto più dista il punto d'applicazione della forza dalla base del muro medesimo, distanza che non è altro che il braccio di leva della forza spingente. Sarà del pari più resistente quel muro che sarà più grosso, unicamente perchè è maggiore la distanza del centro di gravità della massa murale, che è il punto d'applicazione della forza resistente, ossia del peso del muro stesso, allo spigolo attorno cui ruota, distanza che non è, altro che il braccio di leva della resistenza.

2° Per un muro a sezione trasversale di trapezio, quale la presenta la figura 179<sup>a</sup>, per lo chè è a intendersi che il muro sia rinfiancato con scarpa da entrambe le parti, ove il muro debba ruotare attorno allo spigolo di base rappresentato da D, essendo  $o o'$  la retta che unisce il mezzo delle due basi AB e CD, e sia  $n$  il piede della verticale abbassata dal centro G di gravità del trapezio, il braccio di leva sarebbe espresso da

$$Dn = Do + on.$$

Ad esprimere ora questo braccio di leva in funzione delle dimensioni del muro, si dicano  $p$  e  $q$  i piedi delle scarpe DN e CM,  $s$  lo spessore

AB = NM del muro; poichè  $Do = \frac{1}{2} DC = \frac{1}{2} (p + s + q)$ , ed il centro di gravità del trapezio per rispetto alla base DC è dato da

$$Go = \frac{1}{3} oo' \frac{DC + 2AB}{DC + AB} = \frac{1}{3} oo' \frac{p + q + 3s}{p + q + 2s};$$

dalla proporzione  $oo' : oQ :: oG : on$ , essendo  $oG = \frac{1}{3} oo'$ , si avrà ancora

$$on = \frac{1}{3} oQ \frac{p + q + 3s}{p + q + 2s}$$

$$\begin{aligned} \text{Ora } oQ &= DQ - DO = DN + NQ - DO = \\ &= p + \frac{1}{2} s - \frac{1}{2} (p + q + s) = \frac{1}{2} (p - q) \end{aligned}$$

$$\text{per cui } on = \frac{1}{6} (p - q) \left( \frac{p + q + 3s}{p + q + 2s} \right) = \frac{1}{6} \frac{p^2 + q^2 + 3s(p - q)}{p + q + 2s}$$

ed il braccio di leva del muro per rispetto allo spigolo D, sarà espresso da

$$\begin{aligned} Dn &= \frac{1}{2} (p + s + q) + \frac{1}{6} \left( \frac{p^2 + q^2 + 3s(p - q)}{p + q + 2s} \right) = \\ &= \frac{3s^2 + 3s(2p + q) + 2p^2 + 2q^2 + 3pq}{3(2s + p + q)} \end{aligned}$$

Dicendo ora AN =  $a$  l'altezza del muro, 1 la sua lunghezza, G il peso

specifico del materiale di cui si ha a formare, il peso dello stesso muro sarà espresso da

$$\frac{AB + DC}{2} \cdot \text{AN. 1. } G = \frac{s + p + s + q}{2} \cdot aG = \frac{1}{2} aG (2s + p + q),$$

ed il momento del peso sarà espresso da

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} aG (2s + p + q) \left( \frac{3s^2 + 3s(2p+q) + 2p^2 + 2q^2 + 3pq}{3(2s + p + q)} \right) = \\ = aG \left( \frac{1}{2} s^2 + s \left( \frac{2p + q}{2} \right) + \frac{1}{6} (2p^2 + 3pq + q^2) \right) \text{ (II).} \end{aligned}$$

OSSERVAZIONI. — 1<sup>a</sup> Ove le due scarpe fossero eguali si avrebbe anzitutto  $p = q$ , e il momento del peso, verrebbe espresso da

$$aG \left( \frac{1}{2} s^2 + \frac{3}{2} sp + p^2 \right) = \frac{1}{2} aG (s^2 + 3sp + 2p^2) \text{ (III).}$$

2<sup>a</sup> Ove il muro non fosse rinfiancato che da una sola scarpa, e questa fosse l'esterna  $p$ , l'opposta cioè alla direzione della spinta, si avrebbe  $q = 0$ , e il momento del peso del muro, sarebbe espresso da

$$aG \left( \frac{1}{2} s^2 + p s + \frac{1}{3} p^2 \right) \text{ (IV).}$$

3<sup>a</sup> Se la scarpa che rinfianca il muro fosse l'interna  $q$ , quella cioè in direzione della spinta, si avrebbe  $p = 0$ , e il momento del peso sarebbe espresso da

$$aG \left( \frac{1}{2} s^2 + \frac{1}{2} sq + \frac{1}{6} q^2 \right) \text{ (V).}$$

4<sup>a</sup> Paragonando fra di loro le espressioni (II), (III), (IV), (V), è facile il rilevare che il momento del peso è maggiore per un muro rinfiancato da una scarpa posta alla parte opposta alla spinta, di quello non sia per lo stesso muro con una scarpa interna, o dalla stessa parte della spinta; e che lo stesso momento è maggiore, quando rinfiancando il muro con due scarpe, si fa maggiore la scarpa esterna.

5<sup>a</sup> Ove infine non si rinfiancasse il muro con scarpa alcuna, si

avrebbe anzitutto  $p = 0$ ,  $q = 0$ , e il momento del peso ridirebbe quello già trovato dalla (i), cioè:

$$\frac{1}{2} G a s^2$$

6° Per un muro rinforzato da contrafforti o speroni distribuiti ad eguale distanza nella lunghezza del muro, e come li presenta la fig. 180ª sezione orizzontale del muro medesimo, quando fosse DC lo spigolo attorno a cui tenderebbe a ruotare il muro, considerando questo siccome formato da tre solidi DCFE, ABba, efcd, tutti e tre ruotanti attorno allo stesso spigolo, il braccio di leva del muro sarebbe dato dalla somma dei rispettivi bracci di leva dei tre solidi, riferiti allo stesso spigolo DC.

Ora il braccio di leva del primo solido insistente sul trapezio DCFE, detto  $g$  il centro di gravità del trapezio, è dato da

$$\frac{1}{3} MO \left( \frac{DC + 2EF}{DC + EF} \right) \quad (i)$$

Il braccio di leva del secondo solido insistente sul rettangolo ABba, per rispetto allo stesso spigolo DC, essendo  $g'$  il centro di gravità del rettangolo, è dato da

$$\frac{1}{2} Oo + MO \quad (ii).$$

Finalmente il braccio di leva del solido insistente sul trapezio efcd, sempre per rispetto allo spigolo DC, essendo  $g''$  il centro di gravità dello stesso trapezio, è dato da

$$\frac{1}{3} NO \left( \frac{ef + 2dc}{ef + dc} \right) + oO + MO \quad (iii).$$

Dicendo ora  $s$  lo spessore  $oO = Aa = Bb$  del corpo del muro;  $l$  e  $l'$  le lunghezze  $MO$ ,  $oN$  delle mediane dei due trapezi, basi dei contrafforti;  $p$ ,  $q$ ,  $p'$ ,  $q'$  le basi  $DC$ ,  $EF$ ,  $ef$ ,  $dc$  degli stessi trapezi, sostituendo questi valori nelle espressioni (i), (ii), (iii) dei tre bracci di leva, e sommando le espressioni medesime, il braccio di leva da noi richiesto sarà espresso da

$$\frac{1}{3} l \left( \frac{p + 2q}{p + q} \right) + \frac{1}{2} s + l + \frac{1}{3} l' \left( \frac{p' + 2q'}{p' + q'} \right) + s + l$$

Interessando di conoscere il momento del peso di siffatto muro, converrà ritrovare il peso dei tre solidi surricordati, moltiplicare ciascuno pel suo rispettivo braccio di leva, e nella somma dei tre momenti si avrà il momento totale del peso del muro.

Dicendo perciò  $a$  l'altezza del muro,  $d$  la distanza  $AB = ab$ , e  $G$  il peso specifico del materiale di cui si compone il muro, limitandoci alla sola lunghezza di muro  $AB = ab = d$  che si può supporre come lunghezza unitaria, il peso del 1° solido sarà dato, da

$$\frac{DC + EF}{2} \times OM \times a \times G = \frac{1}{2} G a l (p + q);$$

ed il suo momento da

$$\frac{1}{2} G a l (p + q) \times \frac{1}{3} l \left( \frac{p + 2q}{p + q} \right) = \frac{1}{6} G a l^2 (p + 2q);$$

il peso del 2° solido sarà dato da

$AB \times Oo \times a \times G = G a d s$ , ed il suo momento sarà dato da

$$G a d s \times \left( \frac{1}{2} s + l \right) = G a d \left( \frac{1}{2} s^2 + s l \right);$$

infine il peso del 3° solido sarà dato da

$$\frac{ef + dc}{2} \times oN \times a \times G = \frac{1}{2} G a l' (p' + q'),$$

ed il suo momento, da

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} G a l' (p' + q') \times \left( \frac{1}{3} l' \left( \frac{p' + 2q'}{p' + q'} \right) + s + l \right) = \\ & = \frac{1}{6} G a \left( l'^2 (p' + 2q') + 3l' (l + s) (p' + q') \right). \end{aligned}$$

Sommando ora i momenti dei pesi di questi tre solidi, si avrà ad espressione totale del momento del peso del muro, la cui sezione orizzontale è rappresentata dalla fig. 180<sup>a</sup>

$$\frac{1}{6} G a l^2 (p + 2q) + G a d \left( \frac{1}{2} s^2 + s l \right) + \frac{1}{6} G a \left( l'^2 (p' + 2q') + 3l' (l + s) (p' + q') \right)$$

la quale espressione ridotta e ordinata, riducesi a

$$G a \left( \frac{1}{2} d s^2 + \frac{1}{2} (2 d l s + l^2 s (p' + q' +)) \right) + \frac{1}{6} l^3 \left( (p + 2q) + l' (p' + 2q') + 3 l l' (p' + q') \right)$$

OSSERVAZIONI. — 1<sup>a</sup> Se i contrafforti, o speroni, fossero solamente dalla parte opposta alla direzione della spinta,  $dc = q'$ , ed  $oN = l'$  sarebbero eguali a zero, e l'espressione del momento del muro si ridurrebbe, a

$$G a \left( \frac{1}{2} d s^2 + d l s + \frac{1}{6} l^2 (p + 2q) \right)$$

2<sup>a</sup> Se invece i contrafforti fossero dalla parte stessa della spinta,  $DC = p$ , ed  $OM = l$ , sarebbero eguali a zero, e l'espressione del momento del peso si ridurrebbe, a

$$G a \left( \frac{1}{2} d s^2 + \frac{1}{2} l^2 s (p' + q') + \frac{1}{6} l^3 (p' + 2q') \right)$$

3<sup>a</sup> Se i contrafforti fossero di sezione rettangolare anziché trapezia, si avrebbe  $p = q$ , e  $p' = q'$ , e il momento del peso si ridurrebbe a

$$G a \left( \frac{1}{2} d s^2 + d l s + \frac{1}{2} l^2 p' s + \frac{1}{2} (l^2 p + l^2 p' + 2 l l' p') \right)$$

4<sup>o</sup> Caso a studiarsi per una novella figura di muro, è quello d'un solido rinforzato, da una parte con contrafforti distribuiti a eguale distanza nella lunghezza del muro, e dall'altra con una scarpa andante per tutta la stessa lunghezza, come ne lo presenta in una sezione orizzontale la fig. 181<sup>a</sup>.

Anche per questo muro però, essendo esso composto di tre solidi, uno insistente sul trapezio DCEF, il secondo sul rettangolo AB *a b*, ed il terzo, che è il solido di scarpa, insistente sulla base *a b r' r*, determineremo il braccio di leva per rispetto allo spigolo DC, e il momento del peso, come operammo nel caso precedente.

E poichè i primi due solidi sono identici a quelli di cui si formava il muro del 3<sup>o</sup> caso, così i bracci di leva, e i momenti dei pesi, saranno quelli già trovati, e cioè

$$\frac{1}{3} l \left( \frac{p + 2q}{p + q} \right); \quad \frac{1}{6} G a l^2 (p + 2q)$$

per il solido insistente sul trapezio DCFE;

$$\frac{1}{2} s + l; G a d \left( \frac{1}{2} s^2 + s l \right)$$

per il solido insistente sul rettangolo ABba.

Non ne rimane adunque a trovare che il braccio di leva, e il momento del peso del terzo solido, ossia della scarpa.

Essendo però questo un prisma triangolare, lungo quanto lo è il muro, e avente per base un triangolo rettangolo i cui cateti sono l'altezza  $a$  del muro, e il piede  $r a = r' b$  della scarpa, ove la fig. 182<sup>a</sup> ne rappresenti questo triangolo, il suo centro di gravità sarà in  $g = \frac{2}{3} R m$ , e il suo braccio di leva per rispetto allo spigolo DC sarà dato da

$$n M = n o + o O + O M$$

Ora, dai due triangoli simili  $R m o$ ,  $g m n$  risulta  $n o = \frac{2}{3} m o$ ; e poi-

chè  $m o = \frac{1}{2} N o = \frac{1}{2} b$ , se così chiamasi il piede della scarpa, così ri-

sulterà  $n o = \frac{1}{3} N o = \frac{1}{3} b$ , ed il braccio di leva della scarpa per rispetto allo spigolo DC sarà espresso da

$$\frac{1}{3} b + s + l$$

Il peso di questo solido di scarpa è dato da

$$\frac{r a \times a}{2} \times a b \times G = \frac{1}{2} G a b d;$$

ed il momento del peso, dal prodotto

$$\frac{1}{2} G a b d \times \left( \frac{1}{3} b + s + l \right) = \frac{1}{6} G a d (b^2 + 3 b s + 3 b l).$$

Il momento adunque del peso di tutto il muro rappresentato nella sua sezione orizzontale dalla fig. 181<sup>a</sup>, sarà espresso dalla somma

$$\frac{1}{2} G a l (p + 2 q) + G a d \left( \frac{1}{2} s^2 + s l \right) + \frac{1}{6} G a d (b^2 + 3 b s + 3 b l).$$

Anche su questo caso si potrebbero fare delle osservazioni in ordine alla figura dei contrafforti, e alla posizione di essi e della scarpa, se cioè quelli o questa meglio dalla parte stessa della direzione della spinta o dalla parte opposta, e determinare quindi le modificazioni che subirebbe il momento del peso ora ritrovato.

Invitando però il lettore a fare queste nuove osservazioni colla scorta di quelle da me compite, mi limito ad avvertirlo, che l'unica delle dimensioni del muro che d'ordinario gli viene richiesta, è la grossezza o spessore, che si conviene per ogni singolo caso al corpo o maschio del muro, da me segnata con la lettera *s*. Le altre dimensioni del muro unitamente alle dimensioni della scarpa e dei contrafforti, vengono generalmente offerte o dalla specialità del caso, o dalla pratica, o infine anche da particolari considerazioni, fra le quali la sporgenza della scarpa o dei contrafforti sulla linea di base del muro, e che non poche volte è necessario tenerla così limitata, da non raggiungere i più piccoli limiti che le segna la pratica. Questa vuole limitata la base della scarpa fra il  $\frac{1}{4}$  e il  $\frac{1}{20}$  dell'altezza del muro, e fra il  $\frac{1}{4}$  e il  $\frac{1}{6}$  della stessa altezza la sporgenza dei contrafforti. Consiglia poi di far questi larghi nella fronte, non più del  $\frac{1}{4}$  della stessa altezza, e distanti di 4 metri da mezzo a mezzo dei contrafforti medesimi.

Conosciuti così il braccio d'azione, e il momento del peso del muro che corrispondono alle più usate figure sotto cui si foggiano i muri che sostener debbono una spinta, m'occorrerebbe di stabilire le relazioni d'equilibrio e di stabilità per ogni singolo caso studiato.

Considerando però che per siffatto modo sarei indotto a dilungarmi di troppo, senza rendere un servizio di qualche entità ai lettori, penso di fare una sola applicazione della relazione generale d'equilibrio fra la spinta e il momento del peso del muro, determinata in sul principio del precedente paragrafo, ridotta prima però a relazione di stabilità.

Per ciò ottenere, basta moltiplicare il secondo membro della stessa relazione per un coefficiente di stabilità che varia sempre fra  $\frac{4}{5}$  e  $\frac{9}{5}$  e che si rappresenta con la lettera *v'*.

La relazione generale quindi di stabilità è data da

$$S \cdot b = v' \cdot P \cdot m$$

825. ESEMPIO NUMERICO D'APPLICAZIONE. — « Ne sia dato a determinare la grossezza che spetterà ad un muro retto parallelepipedo, alto



» m. 4, lungo m. 20, e rinforzato dalla parte esterna da una scarpa  
 » andante per tutta la sua lunghezza e col piede dell'  $\frac{1}{8}$  dell'altezza del  
 » muro, per reggere ad una spinta orizzontale di 4500 C. g.: applicata  
 » alla metà dell'altezza dello stesso muro, essendo di C. g. 2200 il peso  
 » del metro cubo della muratura ».

SOLUZIONE. — La relazione d'applicarsi per la stabilità, nel presente caso è data da

$$S \cdot b = r' \cdot P m$$

ora  $S = C. g. 4500$ ;  $b = m. 2$ ;  $r' = 3,5$  in media;

$P. m$ ) nel presente caso, è dato dalla espressione determinata dalla 2<sup>a</sup> osservazione fatta al 2<sup>o</sup> caso studiato nel paragrafo precedente; quindi

$$P. m = G a \left( \frac{1}{2} s^2 + p s + \frac{1}{3} p^2 \right)$$

nella quale espressione manca la lunghezza del muro, avendo calcolato in quei singoli casi studiati la lunghezza d'un metro. Però, anche nel presente caso potremo trascurare la lunghezza, dacchè verificata la stabilità per la lunghezza d'un metro, è verificata del pari per qualsiasi altra lunghezza.

Sostituendo adunque nella relazione generale di stabilità i valori numerici che competono ai fattori letterali, si avrà la nuova relazione

$$4500 \times 2 = \frac{3}{5} \times 4 \times 2200 \left( \frac{1}{2} x^2 + 0,50 x + \frac{1}{3} 0,25 \right)$$

da cui  $x^2 + x = 1,50$

e quindi  $x = m. 0,82$

Adottando una forma siffatta di muro, ne converrebbe determinare lo spessore del muro anche per opporsi al moto progressivo che potrebbe imprimergli la spinta.

A riescire in ciò bisognerebbe applicare al caso presente la relazione generale di stabilità per ovviare al moto progressivo, riscontrato nel paragrafo 821, ed espresso da

$$S = r' f P.$$

E poichè  $S = 4500 C. g.$ ;  $r' = \frac{3}{5}$ ;  $f = 0,76$ ; e  $P$ , ossia il peso del muro come già lo ritrovammo nel 2<sup>o</sup> caso delle differenti forme di muro

studiato al parag. 822 è dato da  $\frac{1}{2} a G. (2 s + p)$ , essendo la scarpa interna  $q = 0$ , e considerando la lunghezza siccome eguale all'unità, così sostituendo avremo

$$4500 = 375 \times 0,76 \times 4 \times 2200 (2 x + 0,50)$$

da cui  $x = m. 0,31$ .

Nella risoluzione delle due relazioni di stabilità per determinare lo spessore del muro che deve opporsi ai due moti progressivo e rotatorio, si ottengono due valori, il maggiore dei quali è sempre da adottarsi per lo spessore medesimo.

In avanti, e particolarmente nello studio a farsi per determinare la grossezza dei muri di sostegno ritornerò sulle relazioni ora riscontrate pei muri a scarpa e con contrafforti, considerando anche il caso dei muri con riseghe, e a profilo curvo.

826. GROSSEZZA A DARSÌ AI MURI DEGLI EDIFICII. — La grossezza di siffatti muri e il modo di determinarla variano secondo che gli edifizi sono coperti da un semplice tetto, senza essere tramezzati da solai a differenti altezze, oppure sono coperti da un tetto e tramezzati da solai; o infine sono coperti da volte essendo anche da volte sì o no tramezzati.

Distinguerò adunque i tre seguenti casi:

1° *Grossezza a darsi ai muri coperti semplicemente da un tetto:*

2° *Grossezza a darsi ai muri coperti da tetti e tramezzati da solai.*

3° *Grossezza a darsi ai muri coperti da volte e tramezzati sì o no anche da volte.*

827. GROSSEZZA O SPESSORE A DARSÌ AI MURI SEMPLICEMENTE COPERTI DA UN TETTO. — I muri delle chiese o basiliche a una o più navate, quelli di magazzini di deposito di macchine, o attrezzi rurali, di ricinti per riparo dei convogli nelle stazioni ferroviarie, e quelli infine di tutti quei recinti a sezione rettangolare o quadrata, e chiusi da due o da tutti e quattro i lati, per riguardo alla determinazione della loro grossezza, sono a considerarsi nel presente caso.

Ora la determinazione della grossezza di siffatti muri è dovuta a *Rondelet*, il quale offrì un metodo grafico bene accetto dai pratici, appunto perchè basato sulla stabilità che muri consimili di edifizi che hanno secoli di vita presentano ancora, non ostante il peso del tetto di cui sono gravati (1).

(1) *Rondelet* nella sua già ricordata opera sull'arte di fabbricare, dice, che di tutto le parti da lui visitate non ne ha trovato alcuna in cui sianvi opere di murazione così ben costruite, solide e ben conservate, come nelle ruine della villa Adriana situata nella campagna di Roma presso Tivoli. — Costruita in più gran parte per fabbricati d'abitazione sussistono da più di 1630 anni, e da più di 40 secoli sono esposte a tutte le intemperie delle stagioni.

È noto che la grossezza dei muri in generale dipende per buona parte dalla maniera e dai materiali onde sono costruiti. Un muro difatti dello spessore di m. 0, 30 o m. 0, 32 costruito in pietre concie aventi tutte lo spessore medesimo del muro, riesce più forte e più resistente di quello non riesca un altro muro, d'uno spessore anche maggiore, ma costruito con pietre di spessore inferiore a quello del muro, e tali da obbligare ad una riempitura del mezzo del muro stesso con scaglie e frantumi di pietre, che spesso si pongono in opera malamente e con poca, o poco buona malta.

Non è però questa sola considerazione che ha guidato il *Rondelet* nell'offrire il metodo di cui è parola, ma ancora, e con maggior riguardo, l'altra, sul peso cioè che le parti tutte componenti il tetto gravitano sui muri che sostengono il tetto medesimo, e in ragione sempre della larghezza del recinto e dell'altezza degli stessi muri.

Ne siano quindi date la larghezza d'un recinto, e l'altezza dei muri sostenenti il tetto che lo ricopre, nelle due rette BC ed AB della fig. 183<sup>a</sup>. La grossezza di detti muri secondo il metodo di *Rondelet*, è data dalla parallela *mo* alla base BC del triangolo rettangolo ABC, condotta dal punto *m* dell'ipotenusa del triangolo stesso, essendo  $Am = \frac{1}{12}$  dell'altezza AB.

Questo metodo, come l'altro già veduto al parag. 820, e per le stesse considerazioni, può esprimersi analiticamente nella seguente formula

$$x = \frac{a}{12} \times \sqrt{\frac{l}{l^2 + a^2}} \quad (A)$$

essendo *x* lo spessore ricercato, *a* l'altezza dei muri, ed *l* la distanza fra i muri stessi, ossia la larghezza del recinto.

Quando il recinto fosse chiuso anche negli altri due lati, la grossezza dei muri che s'innalzerebbero in essi, si determina collo stesso procedimento veduto al parag. 820, considerandoli però d'altezza eguale o alla media delle due DE + AB, oppure alla sola DE, e determinando la grossezza medesima come si richiedesse il minimo grado di stabilità.

Ciò fino a che il recinto sia coperto da un tetto a due falde. Che se poi il recinto stesso fosse chiuso da quattro muri, e coperto da un tetto a padiglione o a quattro falde, per cui ciascun muro dovesse sostenere una porzione del peso del tetto, la grossezza dei quattro muri, si determina applicando la relazione (A) veduta di già nel presente paragrafo.

Quando infine il recinto fosse diviso in due o tre navate, per cui ai muri della navata mediana s'appoggiassero a una data altezza i tetti delle

navate esteriori, la grossezza dei muri stessi varia secondo la loro posizione, se interni cioè o esterni al recinto. Pei muri interni come AB e DC della fig. 184<sup>a</sup> la grossezza si determinerà a mezzo della stessa relazione (A) or ora ricordata, pigliando però per altezza la somma  $a + a'$ , essendo  $a = AB$ ,  $a' = AG$ ; per denominatore dell'altezza il 24, e per lunghezza  $l$  la distanza BC dei due muri.

La formula stessa si trasforma quindi nella seguente

$$x = \frac{a + a'}{24} \times \frac{l}{\sqrt{l^2 + (a + a')^2}} \cdot (B)$$

Pei muri esterni delle navate, come EF e PQ della stessa figura, la grossezza si determina colla relazione (A) senza nessuna modificazione, ma ritenendo per  $a$  l'altezza EF, e per  $l$  la lunghezza o distanza FB.

Pei muri poi di fronte dello stesso recinto, per quelli cioè che si innalzerebbero nella linea FBCQ, la grossezza, comunque si determini a mezzo del procedimento veduto al parag. 820, e per una stabilità di grado minimo, varia però secondo che si ricerca per il muro che chiude la porzione mediana BC, o le due eguali FB, CQ, essendo per il primo

la lunghezza  $l = BC$ , e l'altezza  $a = \frac{AB + MN}{2}$ ; e per i secondi la lunghezza  $l = FB = CQ$ , e l'altezza  $a = EF = PQ$ .

828. GROSSEZZA A DARSÌ AI MURI COPERTI DA TETTI E TRAMEZZATI DA SOLAI. — Questi muri sono in generale quelli delle case o edifici d'abitazione, e la loro grossezza, che pur determinasi con procedimenti e metodi pratici dedotti dall'osservazione fatta sulla stabilità dei muri di moltissime case che hanno avuto quasi secoli di vita, varia secondo il numero dei piani, la posizione dei muri se perimetrali, longitudinali, o trasversali; e infine secondo che l'edificio è *semplice*, *doppio*, *triplo* ecc., cioè a dire se l'edificio non ha nessun muro longitudinale parallelo alla direzione dei muri maestri, o perimetrali, per cui lo spazio racchiuso ai muri maestri per cui lo spazio da questi racchiuso è in due parti diviso; se infine ha due muri longitudinali paralleli ai muri maestri per cui lo spazio stesso da questi racchiuso, sia in tre parti diviso.

Ora, e per consiglio di *Rondelet*, la grossezza dei muri perimetrali o maestri d'una casa o edificio semplice a più piani con solai, è data per ciascun piano dalla relazione

$$x = \frac{l + \frac{a}{2}}{24} = \frac{2l + a}{48}$$

nella quale,  $x$  esprime lo spessore richiesto;  $l$  la larghezza, ossia la distanza fra i muri maestri dei quali si domanda la grossezza,  $a$  l'altezza, o distanza verticale che corre dalla gronda del tetto al livello del piano in cui si ricerca la grossezza del muro.

È ad avvertirsi però che lo stesso *Rondelet*, e a maggior solidità, consiglia d'aggiungere costantemente al ritrovato spessore, la quantità metri 0,027, o metri 0,054, secondo che i muri sono costruiti con materiale forte e resistente come i laterizii, o con materiale leggiero e tenero, come alcuni calcari.

Chiamando quindi con  $m$  questa quantità costante da aggiungersi all'ottenuto spessore, la relazione generale per determinare lo spessore dei muri maestri pei differenti piani d'una casa o edificio semplice, è

$$x = \frac{2l + a}{48} + m$$

APPLICAZIONE. — Suppongasi una casa semplice di tre piani alti il primo 5 metri, il secondo 3,80, il terzo m. 3,20, e larga metri 10. La grossezza dei muri maestri nei tre successivi piani sarebbe:

per il 1°  $x = \frac{20 + 12}{48} + 0,027 = \text{m. } 0,693$

per il 2°  $x = \frac{20 + 7}{48} + 0,027 = \text{m. } 0,599$

per il 3°  $x = \frac{20 + 3,20}{48} + 0,027 = \text{m. } 0,510$

OSSERVAZIONE. — Siccome risulta differente la grossezza dei muri dei diversi piani d'una casa o edificio semplice, è bene l'avvertire che siffatta differenza deve costituire una risega fra le grossezze dei muri di due piani successivi, come notai usarsi di fare nel passaggio dai muri di fondazione a quelli sopra terra nel parag. 570, *Cap. V, Libro secondo*, ma da farsi però meglio nella faccia interna dei muri, anzichè nell'esterna, comunque in questa si cerchi occultarla con una fascia o cornice sporgente.

Quando la casa fosse doppia, la grossezza dei muri maestri o perimetrali si determina, secondo il *Rondelet*, e per ciascun piano, nel ventiquattresimo della semisomma della larghezza dell'edificio o distanza degli stessi muri perimetrali, e dell'altezza o distanza verticale fra il livello del piano in cui cercasi la grossezza del muro, e la gronda del tetto. All'ottenuta grossezza poi, è duopo aggiungere costantemente e per

maggior solidità, la stessa quantità m. 0,27, oppure m. 0,54 secondo che si usano materiali forti e resistenti oppure teneri.

La relazione generale che esprime la grossezza dei muri maestri o perimetrali dei diversi piani d'una casa doppia, è quindi :

$$x = \frac{1}{24} + \frac{l+a}{2} + m = \frac{l+a}{48} + m$$

Pei muri maestri de' differenti piani d'una casa tripla, la relazione invece sarebbe

$$x = \frac{1}{24} \left( \frac{1}{3} l + \frac{1}{2} a \right) + m = \frac{2l+3a}{144} + m,$$

La stessa legge ne condurrebbe alla determinazione della grossezza dei muri dei diversi piani d'una casa o edificio quadruplo ecc.

Oltre alla grossezza dei muri maestri, *Rondelet* ne ha offerto un metodo pratico anche per la determinazione dei muri longitudinali e trasversali. Da esso si trae che la richiesta grossezza è data dal  $\frac{1}{36}$  della somma della distanza fra i muri nei quali si vuol costruire il muro longitudinale o trasversale, e l'altezza propria del piano, ossia la distanza verticale dei due solai nei quali il piano stesso è compreso.

Anche a questa ottenuta grossezza suolsi aggiungere costantemente una quantità variabile fra m. 0,013 e m. 0,027 secondo il materiale che s'adopera. Dicendo quindi *l'* la distanza fra i muri che comprender debbono il longitudinale, o il trasversale la cui grossezza si richiede, *a'* l'altezza propria del piano, ed *n* la quantità costante or ora accennata, la relazione che ne esprime la grossezza che aver si debbono i muri longitudinali o trasversali è:

$$x = \frac{l' + a'}{36} + n$$

APPLICAZIONE. — Quale sarà la grossezza, o lo spessore d'un muro longitudinale nei due piani d'una casa, alti il primo metri 7, il secondo 5, essendo distanti fra loro i muri perimetrali o maestri che lo comprendono di metri 14?

Dalla relazione or ora stabilita se ne ritrae una grossezza; per il primo piano di

$$x = \frac{14+7}{36} + 0,013 = \text{m. } 0,596,$$

e per il secondo piano di

$$x = \frac{14 + 5}{36} + 0,013 = m. 0,540.$$

OSSERVAZIONE. — Risultando anche nei muri longitudinali e trasversali, una differenza di grossezza pei diversi piani d'una casa, è bene avvertire che siffatta differenza debbesi distribuire egualmente dall'una e dall'altra faccia del muro sottostante, per così avere eguali gli spazi che i muri stessi longitudinali o trasversali dividono, ed avere ancora il centro di gravità di tutto il muro in una stessa linea verticale.

La grossezza dei muri di casa o edifizi d'abitazione, e segnatamente per i muri maestri o perimetrali, venne anche suggerita da altri pratici prima e dopo il *Rondelet*. Fra i primi ricorderò lo *Scamozzi*, celebre architetto veneziano, e il quale prescrisse, che in un edifizio a tre piani della totale altezza di m. 28,60, i muri maestri dovessero farsi di spessore eguale a tre lunghezze di mattone, e perciò di circa m. 0,72, per tutta l'estensione del primo piano; e che negli altri piani, lo spessore dei muri medesimi andasse diminuendo di mezza lunghezza di mattone, di circa m. 0,12 cioè, piano per piano (1).

Fra i secondi, e a parte le prescrizioni, che i consigli edilizii d'alcune città anche italiane, impongono ai costruttori per riguardo alla grossezza dei muri segnatamente di facciata, e fra le quali ricordo la città di Milano che, a quanto ne dice il *Cantaluppi*(2), prescrive la minor grossezza di m. 0,75 pei muri di facciata qualunque sia l'altezza dell'edifizio, riporterò le formule del *Redtembacher* ricordate dall'*Huber* nei suoi elementi di meccanica (3), e valevoli a determinare le grossezze dei muri perimetrali dei differenti piani di un edifizio.

Dicendo *l* la larghezza dell'edifizio, *a1*, *a2*, *a3* le altezze del primo, secondo e terzo piano, ed *s1*, *s2*, *s3* le grossezze dei muri corrispondenti ai piani medesimi, si ha

$$\text{per il primo piano } s1 = \frac{l}{40} + \frac{a1 + a2 + a3}{25};$$

$$\text{per il secondo } \gg s2 = \frac{l}{40} + \frac{a2 + a3}{25};$$

$$\text{per il terzo } \gg s3 = \frac{l}{40} + \frac{a3}{25}.$$

(1) Anche di presente la grossezza dei muri costruiti in mattoni, si misura colle dimensioni di questi, ma alla lunghezza si è sostituita la grossezza, e per essa si dicono muri di 1, 2, 3 teste ecc.

(2) *Istituzioni pratiche elementari sull'arte di costrurre*, Milano 1867.

(3) *Elementi di Meccanica* del prof. Ph. Huber, traduzione italiana del prof. Rinaldo Ferrini. Milano 1866.

OSSERVAZIONE. — Applicando queste formole al primo esempio numerico risoluto nel paragrafo 828 si hanno le seguenti grossezze:

$$\begin{aligned} \text{per il 1° piano } s1 &= \frac{10}{40} + \frac{5 + 3,80 + 3,20}{25} = \text{m. } 0,73; \\ \text{per il 2° } > s2 &= \frac{10}{40} + \frac{3,80 + 3,20}{25} = \text{m. } 0,60; \\ \text{per il 3° } > s3 &= \frac{10}{40} + \frac{3,25}{25} = \text{m. } 0,378; \end{aligned}$$

le quali, quantunque dissimili da quelle avute nello stesso primo esempio colle formole o processi del *Rondelet*, segnatamente nella grossezza del muro del 3° piano, pure sono anche esse bene adoperate nella pratica, la quale spesso si tiene anche in limiti più ristretti.

Il *Claudel* nella sua opera già ricordata, riporta in apposita tabella i limiti delle grossezze, nei quali soglionsi in Francia contenere i muri delle case di media larghezza e composte di tre o quattro piani.

Sapendo queste grossezze dedotte in base ai suggerimenti del *Rondelet*, mi compiacio di qui trascrivere la detta tabella, non mancando d'avvertire che le grossezze medesime richiedono massima cura nella costruzione, e materiale forte e resistente.

*Tabella delle grossezze dei differenti muri delle case d'abitazione di media larghezza, e composte di tre o quattro piani.*

| INDICAZIONE<br>DELLE PARTI DEI MURI | M U R I        |                                | ALTEZZA<br>DEI PIANI |
|-------------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------------|
|                                     | perimetrali    | longitudinali<br>o trasversali |                      |
|                                     | metri          | metri                          | metri                |
| Alle fondazioni                     | da 0,75 a 1,00 | da 0,70 a 0,85                 |                      |
| Al piano del suolo dei sotterranei  | da 0,55 a 0,80 | da 0,50 a 0,65                 |                      |
| Al piano terreno                    | da 0,50 a 0,65 | da 0,35 a 0,40                 |                      |
| Al primo piano                      | da 0,45 a 0,55 | da 0,35 a 0,40                 | da 3,25 a 5,00       |
| Al secondo piano                    | da 0,40 a 0,50 | da 0,30 a 0,35                 | da 3,00 a 4,25       |
| Al terzo piano                      | da 0,32 a 0,40 | da 0,25 a 0,30                 | da 2,80 a 3,50       |

829. — GROSSEZZA A DARSÌ AI MURI COPERTI DA VÔLTE, E TRAMEZZATI SÌ O NO ANCHE DA VÔLTE. — Queste grossezze si competono tanto ai muri di case o edifizi d'abitazione ricoperti da vòlte o anche da tetti, ma tramezzati da vòlte che tengono il luogo dei solai in legname, quanto ai



muri, che meglio diconsi piedritti, e che sostengono un sistema d'archi e di volte sui quali s'innalza il suolo d'una strada, l'alveo d'un canale, o altra opera d'arte qualsivoglia.

Ora la grossezza dei muri di case tramezzati da volte, e fino al piano precedente l'ultimo, usasi più sovente determinarla con metodi pratici, dei quali, il *Curioni*, nella sua opera altre volte citata, e al volume delle *Costruzioni civili, stradali e idrauliche*, riferisce quello che seguesi a Torino, e che è confortato dalla buona stabilità che presentano le case di quella industrie e popolosa città.

L'altra invece, la grossezza cioè che competesi ai piedritti propriamente detti, la determinerò nel Capitolo III di questo stesso libro, e dopo lo studio della stabilità degli archi e delle volte, e la determinazione della spinta che da esse risulta sui piedritti che le sostengono.

Ecco quindi le formule per le grossezze dei muri di case semplici tramezzati da volte.

Dicendo *Sp* lo spessore o grossezza dei muri perimetrali, *St* quello dei muri trasversali, ed *n* il numero dei piani superiori a quello del cui muro si determina la grossezza, si hanno le due formule

$$Sp = 0,45 + (0,12 \times n)$$

$$St = 0,45 + (0,06 \times n)$$

APPLICAZIONE. — Ricercando la grossezza dei muri perimetrali e trasversali d'una casa a tre piani, essa verrà determinata pei muri perimetrali;

del 1° piano, da  $Sp = 0,45 + 0,12 \times 2 = m. 0,69,$

del 2° » da  $Sp = 0,45 + 0,12 = m. 0,57;$

pei muri trasversali;

del 1° piano, da  $St = 0,45 + 0,06 \times 2 = m. 0,57,$

del 2° » da  $St = 0,45 + 0,06 = m. 0,51.$

Se la casa è doppia o tripla in larghezza, nel primo caso non varia che la grossezza dei muri trasversali, la quale è la stessa dei muri perimetrali; nel secondo caso, la grossezza dei muri perimetrali si fa quale risulta dal procedimento suggerito dal *Rondelet* per le case doppie, e già veduto al paragrafo 828; mentre quella dei muri trasversali, o la distanza dei muri che racchiudono lo spazio in cui devesi innalzare il muro trasversale è minore di 5 metri, e si fa minore a quella che offre il procedimento surricordato del *Rondelet* per i muri trasversali; o la detta distanza è maggiore di 5 metri, e la grossezza dei muri trasversali si fa eguale a quella dei muri perimetrali.

## CAPITOLO II.

### Spinta delle terre e grossezza a darsi ai muri di sostegno.

830. CONSIDERAZIONI GENERALI. — Dissi già al paragrafo 501, *Cap. IV del Libro primo*, che gli sterri all'asciutto, qualunque sia la coesione delle terre, non rimangono per lungo tempo a taglio verticale, e si disspongono di per se stessi in un declivio o pendenza, che dicesi scarpa naturale delle terre.

Ciò prova che ogni masso di terra esercita una pressione sulle pareti che lo limitano, per cui finisce per scoscendere, e terminare da ogni lato con una faccia inclinata per modo all'orizzonte, da formare con questa un angolo, che dicesi angolo d'attrito, e la cui tangente trigonometrica si eguaglia, come dimostrerò in avanti, al così detto coefficiente d'attrito.

È allora solamente che il masso di terra trovasi in equilibrio, e se le molecole situate sulla superficie libera del pendio, malgrado la loro mobilità, e l'azione che su di esse esercita la componente del loro peso parallela al pendio medesimo, non scorrono su di esso, egli è perchè provano una resistenza eguale e contraria a detta componente, proveniente dall'attrito generato appunto dallo scorrere di due molecole l'una sull'altra.

L'attrito solo però non basta a generare siffatta resistenza, e per *Coulomb*, che fu il primo a studiare attentamente la vera teoria della spinta delle terre, è delle cagioni che trattenevano in una data inclinazione i massi terrosi, la forza che s'oppone al mutuo scorrere di due porzioni d'un masso di terra sopra un piano comune, si compone di due termini:

1° dell'attrito cioè summenzionato, ed il quale, come nello scorrere di due solidi l'uno sull'altro, è proporzionale alla pressione normale alla superficie su cui uno dei due solidi scorre;

2° alla coesione, la quale è indipendente dalla pressione normale alla superficie sulla quale tende a manifestarsi lo scorrimento, ma è proporzionale alla superficie medesima.

Ora è opinione dei pratici, che le due indicate componenti della resistenza che trattiene le molecole terrose dallo scorrere sulla superficie libera del pendio, non si sviluppino contemporaneamente, ma sibbene che

la prima, ossia la forza d'attrito, succeda alla seconda, e che nell'istituire dei calcoli relativi all'equilibrio delle terre, ove si richieda un equilibrio duraturo, debbasi unicamente tener calcolo della sola forza d'attrito, essendochè la forza di coesione, è soggetta per molte cause a venir meno col tempo.

Entrambe però queste due forze hanno un valore che io mi propongo di determinare nei due seguenti paragrafi.

831. DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE D'ATTRITO DELLE TERRE. — Dicesi anzitutto coefficiente d'attrito delle terre, quella quantità numerica per cui bisogna moltiplicare la pressione prodotta da una parte di un terrapieno che è per franare, e scorrere su un'altra parte dello stesso terrapieno, affine di avere la resistenza dovuta all'attrito.

Sia ora BD, fig. 185<sup>a</sup> una delle faccie che limitano un masso terroso secondo il declivio naturale delle terre, ed A una molecola che è sul punto di scorrere per l'indicato declivio, dicasi  $\alpha$  l'angolo BDC che misura l'inclinazione del piano BD coll'orizzontale che passa per il punto C, P il peso della molecola A,  $m$  ed  $n$  le componenti del peso, l'una normale l'altra parallela al piano BD, ed

$f$  il coefficiente d'attrito;

se la molecola A sta in equilibrio, ciò avviene perchè alla componente  $n$  parallela si oppone una forza d'attrito eguale e direttamente contraria. E poichè questa forza la dicemmo già proporzionale alla pressione  $m$  normale al piano, così si avrà la relazione

$$n = f m \quad (1)$$

Ora dal triangolo  $Amo = onA$ , si ha

$$Am = m = Ao \text{ sen. } Aom; \quad mo = An = n = Ao, \text{ cos. } Aom.$$

E poichè  $Ao = P$ , e per la somiglianza dei triangoli  $Aom$  e BCD l'angolo  $Aom = BDC = \alpha$ , così sostituendo si avrà

$$P \text{ cos. } \alpha = f P \text{ sen. } \alpha, \text{ da cui}$$

$$f = \frac{\text{sen. } \alpha}{\text{cos. } \alpha} = \text{tang. } \alpha.$$

Adunque il coefficiente d'attrito per le terre è eguale, come già dissi, alla tangente trigonometrica dell'angolo che fa coll'orizzonte il natural declivio delle terre.

Per trovare quindi i coefficienti d'attrito per le differenti qualità di terra, o si misurano gli angoli secondo cui si dispongono le terre quando

la coesione fra le molecole rimane distrutta o per causa delle intemperie, o per troppa esposizione all'aria, e si pigliano le tangenti trigonometriche di questi angoli; oppure si dispongono a forma di coni retti, e sopra un piano orizzontale, quelle terre i cui coefficienti si vogliono conoscere, e quando le terre medesime si sono disposte secondo il declivio che è loro proprio, si pigliano per coefficienti i rapporti dell'altezza dei coni ai raggi dei coni medesimi, e i quali rappresentando i rapporti dei seni ai coseni degli angoli d'inclinazione dei lati dei coni colle rispettive basi, si eguagliano appunto alla tangente trigonometrica degli stessi angoli.

Quando ne importasse di conoscere l'attrito che si svolge nello scorrere d'un masso di terra sopra la faccia inclinata d'un masso di muratura, e non si avessero i risultati delle esperienze che altri avesse potuto istituire, è duopo cercare quale sia l'inclinazione all'orizzonte che convien dare alla faccia del masso di muratura su cui deve scorrere una data qualità di terra, perchè questa sia sul punto di scorrere sulla faccia del muro, e pigliare quindi per coefficiente d'attrito la tangente trigonometrica dell'angolo trovato d'inclinazione.

Ecco ora gli angoli d'attrito e i corrispondenti coefficienti di alcune terre, che scorrono o sulla faccia d'un masso d'egual terra, o su quella d'un masso di muratura.

| NATURA DELLE TERRE                                                  | ANGOLI D'ATTRITO | COEFFICIENTI D'ATTRITO |
|---------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------|
| <i>Terre scorrenti su terra.</i>                                    |                  |                        |
| Terre sabbiose. . . . .                                             | 34°              | 0,67                   |
| Terre sciolte asciutte. . . . .                                     | 39°              | 0,81                   |
| Terre ordinarie. . . . .                                            | 45°              | 1,00                   |
| Terre argillose asciutte. . . . .                                   | 55°              | 1,43                   |
| Terre argillose umide . . . . .                                     | 31°              | 0,60                   |
| <hr/>                                                               |                  |                        |
| <i>Terre scorrenti su murature</i>                                  |                  |                        |
| Terre asciutte e sciolte. . . . .                                   | 30°              | 0,57                   |
| Terre bagnate e terre che si lasciano ramollire dall'acqua. . . . . | 17°              | 0,30                   |

Il peso specifico poi d'alcune terre è il seguente :

|                                                           |                |
|-----------------------------------------------------------|----------------|
| Terra vegetale . . . . .                                  | C. g: 1,4      |
| Terra schietta allo stato di secchezza naturale . . . . . | » 1,5          |
| Terra argillosa . . . . .                                 | da » 1,6 a 1,9 |
| Sabbia terrosa . . . . .                                  | » 1,7          |
| Sabbia pura . . . . .                                     | » 1,9          |

832. DETERMINAZIONE DELLA COESIONE FRA LE MOLECOLE D'UN TERRAPIENO NELLA FACCIA DEL NATURALE DECLIVIO, RIFERITA ALL'UNITÀ DI SUPERFICIE. — Per determinare questa forza di coesione m'è duopo pria dimostrare « quale sia la massima profondità alla quale si possano tagliare verticalmente le terre, senza che avvengano scoscendimenti. » — In altri termini, e ricordando che tutte le terre si dispongono secondo un naturale declivio, e che per raggiunger questo, un masso terroso, esercita una pressione o una spinta sulla parete che altrimenti lo limita, si chiede « sotto qual'angolo alla verticale, una parete d'un terrapieno, » che non sia quella del naturale declivio, possa reggere alla spinta che » il terreno sottostante esercita su di essa per disporsi secondo lo stesso » naturale declivio. »

Siano, in proposito, fig. 186.<sup>a</sup>

AB = A metri, la profondità del taglio verticale che vuoi praticare in un masso terroso,

b, l'angolo che si ricerca ABC,

c, l'angolo ABD che fa con la verticale la linea di declivio naturale,

G, il peso in chilog. per metro cubo del masso di terra,

g, il peso in chilogrammi per ogni metro quadrato del piano orizzontale CD, in causa al sovraccarico MNCD del terrapieno,

R, la forza di coesione fra le terre di cui formasi il terrapieno, riferita al metro quadrato ed espressa in chilogrammi.

Il masso di terra che farebbe qui pressione sulla parete CB che limita il terrapieno senza essere disposta secondo il naturale declivio DB delle terre, sarebbe il prisma triangolare CBD che puossi supporre lungo l'unità, e il cui peso è dato da

$$CD \times \frac{AB}{2} \times 1 \times G = \frac{1}{2} G \cdot CD \cdot AB$$

Ora essendo  $CD = AD - AC$ ,

e risultando, dal principio trigonometrico che in ogni triangolo rettangolo « il raggio delle tavole sta alla tangente d'uno degli angoli acuti, come » il lato dell'angolo retto adiacente a quest'angolo sta al lato opposto » le proporzioni

$$r : \text{tang. } \angle ABD :: AB : AD$$

$$r : \text{tang. } \angle ABC :: AB : AC$$

per cui fatto  $r = 1$ , si ha

$$AD = AB \cdot \text{tang. } \angle ABD = A \cdot \text{tang. } c$$

$$AC = AB \cdot \text{tang. } \angle ABC = A \cdot \text{tang. } b$$

e il peso del prisma spingente sarà dato da

$$\frac{1}{2} G \cdot CD \cdot AB = \frac{1}{2} G \cdot A^2 (\text{tang. } c - \text{tang. } b).$$

Il peso del sovracarico MCDN è dato dal peso specifico unitario  $g$  per la lunghezza CD, perciò dal prodotto  $g \times CD = g (\text{tang. } c - \text{tang. } b)$

Il peso totale P adunque del prisma spingente e del sovracarico, sarà espresso da

$$\begin{aligned} P &= \frac{1}{2} G \cdot A^2 (\text{tang. } c - \text{tang. } b) + g (\text{tang. } c - \text{tang. } b) = \\ &= \frac{1}{2} A (GA + g) (\text{tang. } c - \text{tang. } b) (I). \end{aligned}$$

Ora questo peso tenderebbe a staccare il solido di terra CBD dal rimanente terrapieno, e a farlo scorrere lungo la faccia BD in causa alla componente dello stesso peso parallela a questa faccia. La forza però che s'opponne a questo moto, è quella di coesione con cui i due solidi CBD e DBE sono legati fra loro, giacchè la forza d'attrito non entra in azione che quando avviene il moto; e per la stabilità, la componente del peso P parallela alla faccia di scorrimento BD deve esser minore della forza di coesione.

Ma la componente parallela  $n G$  è espressa da

$$n G = GP \cos. n G o = P \cos. c, \text{ a causa della somiglianza dei triangoli BAD e } G n o;$$

la forza di coesione è rappresentata dalla resistenza che si sviluppa nella faccia di scorrimento BD, larga l'unità e lunga BD, ossia dal prodotto

$$R. A. BD = \frac{R \cdot A}{\cos. c}$$

in causa della relazione  $BD = \frac{AB}{\cos. ABD} = \frac{A}{\cos. c}$  che si deduce dal triangolo BAD;

dunque la condizione già ricordata di stabilità sarà espressa da

$$P \cos. c \leq \frac{R A}{\cos. c}$$

e dividendo ambo i membri per  $\cos. c$ , e osservando che dalla relazione  $\overline{\sin.}^2 c + \overline{\cos.}^2 c = 1$ , si deduce

$$\frac{1}{\overline{\cos.}^2 c} = 1 + \overline{\tan.}^2 c,$$

si rileva la nuova relazione

$$P \leq R A (1 + \overline{\tan.}^2 c) (11).$$

Sostituendo quindi a  $P$  il suo valore, quale lo offre la relazione (1) si avrà

$$\frac{1}{2} A (GA + g) (\tan. c - \tan. b) \leq R A (1 + \overline{\tan.}^2 c).$$

Eliminando e riducendo si ha

$$GA + 2 g (\tan. c - \tan. b) \leq 2 R (1 + \overline{\tan.}^2 c).$$

$$\text{da cui } \tan. c - \tan. b \leq \frac{2 R}{GA + 2 g} (1 + \overline{\tan.}^2 c)$$

Risolviendo l'ineguaglianza per riguardo a  $\tan. b$  si ha

$$\tan. b \geq \tan. c - \frac{2 R}{GA + 2 g} (1 + \overline{\tan.}^2 c)$$

Perchè l'equilibrio sussista, è duopo che questa ineguaglianza si verifichi per qualunque valore si attribuisca all'angolo  $c$ , per cui è manifesto che il più piccolo valore che possa mai ammettersi per  $\tan. b$  deve essere eguale al massimo valore del secondo membro della stessa ineguaglianza relativamente alla variabile  $\tan. c$ .

Ora applicando la regola di risoluzione delle questioni di *maximum* e *minimum* riferibili al 2° grado, per ritrovare il *maximum* del detto secondo membro, si avrà l'equazione del 2° grado (1).

(1) Ecco la regola che seguesi nella risoluzione delle questioni di *maximum* e *minimum*, riferibili al secondo grado. Si formi l'espressione algebrica suscettibile di divenire un *maximum* o un *minimum*, ed eguagliata ad una variabile qualunque  $u, v, x, y$  . . . si risolva l'equazione che ne risulta per rispetto alla prima incognita. Si faccia quindi eguale a zero la quantità che trovasi sotto il radicale, e risolta la nuova equazione per rispetto alla variabile a cui s' eguagliò la prima espressione algebrica formata, si avrà nel valore di essa, il *maximum* o il *minimum* cercato. Sostituendo infine il valore di questa variabile al posto di essa, nel valore trovato della prima incognita, si avrà un valore atto a soddisfare l' enunciato della proposta questione.

$$\text{tang. } c = \frac{2 R}{GA \times 2 g} (1 + \overline{\text{tang.}}^2 c) = v$$

la quale risolta per riguardo a  $\overline{\text{tang.}} c$ , offre

$$\overline{\text{tang.}}^2 c = \frac{GA + 2 g}{2 R} \text{ tang. } c = v \frac{(GA + 2 g)}{2 R} - 1, \text{ da cui}$$

$$\text{tang. } c = \frac{GA + 2 g}{4 R} + \sqrt{\frac{(GA + 2 g)^2}{16 R^2} - \frac{v (GA + 2 g)}{2 R} - 1}$$

Fatto ora

$$\frac{(GA + 2 g)^2}{16 R^2} - \frac{v (GA + 2 g)}{2 R} - 1 = 0$$

e risolta questa nuova equazione per riguardo a  $v$ , si ottiene

$$v = \frac{(GA + 2 g)^2 - 16 R^2}{8 R (GA + 2 g)}.$$

Adunque il più piccolo valore di  $\text{tang. } b$ , ossia il più piccolo angolo che può fare colla verticale la parete d'un terrapieno che non sia quella del declivio naturale delle terre di cui esso è formato, affine di reggere alla spinta che il terreno sottostante esercita su di essa per disporsi secondo lo stesso natural declivio; o in altri termini ancora, il più piccolo angolo che la parete d'un terrapieno può fare colla verticale affinchè il peso del terreno sottostante e quello del sovracarico, non vinca la forza di coesione fra le molecole, è dato dalla relazione,

$$\text{tang. } b = \frac{(GA + 2 g)^2 - 16 R^2}{8 R (GA + 2 g)} \quad (\text{III})$$

Questa relazione però serve ancora a determinare a quale profondità possa farsi un taglio verticale in un terrapieno, senza che avvengano scoscendimenti.

Basta per ciò, fare  $b = 0$ , e la relazione (III) diventa

$$(GA + 2 g)^2 - 16 R^2 = 0$$

dalla quale si trae

$$GA = 4 R - 2 g,$$

ed

$$A = \frac{4 R - 2 g}{G}.$$

OSSERVAZIONI. — 1<sup>a</sup> Se  $R$  è eguale o minore di  $\frac{1}{2}g$ , il valore di



A diventa zero, o negativo, per cui, per quanto piccola sia la profondità d'un taglio verticale nel terrapieno, le terre non potranno che franare.

2<sup>a</sup> Se nella relazione (III) si fa  $g = 0$ , il valore dell'angolo che si ritrova conviene a quello che la parete inclinata d'un terrapieno, non gravato d'un sovracarico, e terminato da una faccia orizzontale superiormente, deve fare colla verticale, affinché il peso delle terre, non vinca la coesione.

La nuova relazione sarebbe espressa da

$$\text{tang. } b = \frac{G^2 A^2 - 16 R^2}{8 G A R},$$

e la massima profondità conveniente ad un taglio verticale in un terrapieno senza sovracarico, sarebbe data, fatto  $b = 0$ , dalla relazione

$$A = \frac{4 R}{G}.$$

3<sup>a</sup> Finora considerammo il valore di  $R$ , ossia della forza di coesione, siccome cognita; quando però essa ci fosse ignota, e ne venisse richiesta per una terra di cui ne fosse cognito il valore di  $G$ , converrebbe praticare un taglio verticale, ed osservare accuratamente qual'è la profondità del taglio, quando s'incominciano a notare i primi sintomi di vero scoscendimento lungo la parete del taglio praticato, dacchè allora conoscendosi  $A$  e  $G$ , dalla relazione  $A = \frac{4 R}{G}$  si dedurrebbe il valore della forza di coesione riferita all'unità superficiale, dalla relazione

$$R = \frac{1}{4} G A.$$

Per le qualità di terre asciutte comprese fra le sciolte e le forti, la forza di coesione si calcola approssimativamente fra  $C.g: 0,000136$ , e  $C.g: 0,000568$  per millimetro quadrato.

833. Conosciuto che un terrapieno non può stare con una parete verticale, ove vogliasi ovviare al declivio a cui sarebbero obbligate le terre medesime, è duopo costruire dei ritegni i quali sopportino la spinta che lo stesso terrapieno esercitava prima sulle sue pareti laterali. Questa spinta può essere rappresentata da un prisma di terra tendente a guisa di cuneo a scorrere in basso e rimuovere il ritegno. Siffatto prisma poi si distacca dal totale masso con una superficie cilindrica a generatrici orizzontali, e avente per direttrice una linea, la quale incomincia in alto con una breve retta verticale alla quale si raccorda una curva convessa verso l'interno del terrapieno, colla sua tangente nel punto più basso in-

clinata all'orizzonte d'un angolo che poco differisce da quello del natural declivio delle terre.

Qualunque ritegno quindi deve avere uno spessore tale da potersi opporre validamente alla spinta che su di lui esercitano le terre che egli sostiene.

Prima che la teoria della spinta delle terre fosse basata su principii per buona parte razionali si determinava lo spessore dei muri di sostegno con formule empiriche, le quali, per quanto nei casi ordinari d'applicazione offrissero dei risultati sanzionati dall'esperienza, pure e siccome non tenevano calcolo che incompletamente e inesattamente delle forze operanti sul muro, così non riuscivano applicabili che tra limiti ristretti, al di fuori dei quali davano risultati i più contraddittori. Il più grave difetto di queste formule era quello di determinare lo spessore del muro in funzione dell'altezza delle terre che sosteneva, per cui se il masso delle terre fosse infinitamente alto, esse davano al muro uno spessore enorme e quasi infinito.

Di presente però la bisogna procede altrimenti, e all'empirismo, la mercè i dotti lavori del *Prony*, del *Poncelet*, dello *Scheffler*, e dell'operosissimo professor *Curioni*, la di cui recente opera *Sull'arte del fabbricare*, m'è valsa di buon aiuto in questo capitolo particolarmente sulla spinta delle terre, si sostituirono razionali teorie dalle quali può l'arte trarre utilissimi e sicuri risultati per ogni singolo caso che la pratica le presenti.

Interessando quindi al costruttore di saper determinare la grossezza a darsi ai muri di sostegno per gli speciali casi che possono presentarglisi, prima sua cura esser deve quella di saper valutare l'entità della spinta che il muro sostiene a cagione delle terre che gravitano su di lui; problema questo che io mi propongo di svolgere nel seguente paragrafo.

834. DETERMINAZIONE GENERALE DELLA SPINTA CHE UN SOLIDO DI TERRA CHE DEBBA FRANARE DA UN TERRAPIENO, ESERCITA CONTRO UN MURO DI SOSTEGNO. — Sia *AZ* il terrapieno, fig. 187<sup>a</sup>, *BO* la linea del natural declivio delle terre, e la quale fa l'angolo  $BOZ = a$  coll'orizzontale, angolo così detto d'attrito, e la cui tangente, come già dissi, eguaglia il coefficiente *f* d'attrito; *AO* la faccia del muro che sostener deve la spinta del solido che frana, e la quale fa l'angolo  $AOZ = c$  con la stessa orizzontale *OZ*. La porzione del terrapieno che farà pressione contro il muro, o in altri termini il solido di terra che dovrebbe franare, non sarà che il prisma di base triangolare *AOB*, e di altezza eguale alla lunghezza dello stesso terrapieno; dacchè la rimanente massa di terra *BOZ* rimanendo nel suo naturale declivio non produrrà nessuna spinta sul muro.

A dir vero però, non è neanche tutto intero questo prisma che preme

sul muro, essendo provato che una porzione dello stesso prisma, e che io suppongo nella figura limitata dalla base triangolare MOB, rimane a causa dell'attrito, sulla faccia BO di declivio, siccome inerte sulla faccia medesima.

Adunque la faccia BO, e quella AO del muro, chiudendo per così dire il prisma che dovrebbe franare, sono le faccie sulle quali si esercita la pressione dello stesso prisma allorquando egli sia per distaccarsi dal terrapieno, e scorrere sulla faccia MO. Considerando quindi il prisma in quel momento appunto che egli è per scorrere sulla faccia MO, facile è lo intendere che in esso si svolgeranno un'infinità di pressioni elementari, le quali si eserciteranno sulle due faccie MO ed AO riducendosi in entrambe a una forza o pressione  $p, p'$  normale alle rispettive faccie, e ad un'altra forza contenuta in ciascun piano, parallela agli stessi piani, e rappresentante la resistenza dovuta all'attrito delle terre fra loro per la faccia MO, e delle terre col muro per la faccia AO. E poichè questa seconda forza riesce per ciascun piano proporzionale alla prima, ossia alla pressione  $p, p'$ , così potrà essere rappresentata dalla  $pf$  per la faccia MO, e della  $p'f'$ , per la faccia AO.

Componendo il parallelogramma delle forze in ciascuna faccia, ed osservando che le risultanti R ed R' fanno colle normali  $s, p$ , ed  $s', p'$  alle rispettive faccie MO ed AO un angolo  $psR, p's'R'$ , la cui tangente trigonometrica è  $f, f'$ , si deduce che gli stessi angoli sono eguali agli angoli d'attrito  $a$  ed  $a'$  delle terre fra loro, e delle terre col muro.

Difatti nei due triangoli  $spR, s'p'R'$ , i lati  $pR, p'R'$ , componenti delle R, R' parallele alle faccie AO, OM, sono eguali alla tangente trigonometrica degli angoli in  $s$  ed  $s'$ , e rappresentano le rispettive forze o coefficienti d'attrito  $f, f'$ , delle terre con le terre, e delle terre col muro.

Considerando ora che le due risultanti R ed R' sono causate dal peso P del prisma di terra che dovrebbe franare, è chiaro che esse potranno considerarsi siccome le componenti dello stesso peso incontrantesi in uno stesso punto G della verticale GP, passante per il centro di gravità del prisma di terra, e una delle quali, la R, siccome diretta contro il terrapieno, viene da questo distrutta; l'altra la R', appunto perchè diretta contro il muro, è quella che precisamente rappresenta la spinta del prisma di terra sullo stesso muro.

A determinare ora il valore di questa spinta, si compia il parallelogramma GQPH per modo che la spinta stessa ed il peso P del prisma di terra siano rappresentati in intensità e in direzione dalle rette GQ e GP. Si prolunghi GP fino all'orizzontale in T, si conducano le perpendicolari Gm, Gn alle faccie AO ed MO, e si dicano  $a$  l'angolo del declivio naturale delle terre BOZ,  $b$  l'angolo AOZ che la parete interna

del muro fa con l'orizzontale,  $\alpha'$  l'angolo d'attrito delle terre sul muro, e finalmente l'angolo MOZ.

Applicando al triangolo GQP, il principio trigonometrico che i lati in qualunque triangolo sono proporzionali ai seni degli angoli opposti, si deduce la proporzione

GP : GQ :: sen GQP : sen GPQ, da cui rappresentando con P ed S i lati GP e GQ si ha

$$S = P \frac{\text{sen GPQ}}{\text{sen GQP}}.$$

Ora GPQ = PGH = PGn - HGn = MOZ - BOZ =  $c - a$ , ciò per la somiglianza dei triangoli Mov' ed oGn;

$$GQP = 180^\circ - GPQ - QGP = 180^\circ - GPQ - (mGT - mGQ).$$

Ora GPQ si sa già essere eguale a  $(c - a)$ ; mGT, essendo supplemento dell'angolo AOZ =  $b$ , nel quadrilatero GmOT, è eguale a  $(180^\circ - b)$ ; mGQ =  $p'sR' = \alpha'$ . Sostituendo quindi si avrà che

$$\text{sen GQP} = \text{sen } 180^\circ - (c - a) - ((180^\circ - b) - \alpha') = \text{sen } (a + \alpha' + b - c)$$

e perciò

$$S = P \frac{\text{sen. } (c - a)}{\text{sen. } (a + \alpha' + b - c)}$$

Fatto  $\alpha' = 0$ , ossia trascurata la forza d'attrito che si svolge nel muro di sostegno si avrà

$$S = P \frac{\text{sen. } (c - a)}{\text{sen. } (a + b - c)} \quad (i).$$

E poichè il peso P del prisma, supposta l'unità la lunghezza del terrapieno, è dato dalla superficie del triangolo AOM, moltiplicata nel peso specifico G della terra, detta A l'altezza OF del triangolo si avrà

$$P = \frac{1}{2} A \times AM \times G$$

per cui sostituendo questo valore nella relazione (i) si ha per espressione generale del valore della spinta

$$S = \frac{1}{2} A \cdot A \cdot M \cdot G \frac{\text{sen. } (c - a)}{\text{sen. } (a + b - c)} \quad (ii).$$

835. MASSIMO VALORE DI QUESTA SPINTA. — Il valore di questa spinta è nullo quando si faccia  $c = a$ , oppure  $c = b$ , giacchè il prisma spingente riducendosi a non aver base, non avrà neppur peso, e conseguentemente non produrrà nessuna spinta. La spinta adunque varia col variare di posizione la faccia MO, separante il prisma spingente rappresentato in AOM; ed il suo valore, dipendendo dal valore dell'angolo MOZ prenderà tutte le variazioni dipendenti dai valori dell'angolo stesso, compresi fra  $a$  e  $b$ . Vi ha però una posizione tale per la faccia MO, e ad essa corrisponde un angolo tale, per cui il valore della spinta riesce il massimo possibile.

Per trovare ora questo valore massimo della spinta S in funzione dell'angolo MOZ, ecco il processo che suggerisce il Kleitz.

Sia AB la superficie superiore del terrapieno, fig. 188\*, AO la faccia del muro di sostegno su cui si esercita la spinta, MO la faccia di separazione del prisma spingente dal sottostante terrapieno.

Si conducano le rette ON ed MQ per modo, la prima da far l'angolo AON = BOZ, la seconda da esser parallela alla linea BO, e si dicano, l'angolo BOZ =  $a$ ; MOZ =  $c$ ; AOZ =  $b$ .

Dal triangolo OMQ, e per il principio trigonometrico che i lati sono proporzionali ai seni degli angoli opposti, si ha

OQ : MQ :: sen OMQ : sen MOQ per cui

$$\frac{OQ}{MQ} = \frac{\text{sen. OMQ}}{\text{sen. MOQ}} = \frac{\text{sen. (MOZ — BOZ)}}{\text{sen. (NOA + AOZ — MOZ)}} = \frac{\text{sen. (c — a)}}{\text{sen. (a + b — c)}}$$

Sostituendo questo valore nella relazione (ii) del paragrafo precedente risulta

$$S = \frac{1}{2} A \times AM \times G \times \frac{OQ}{MQ}. \quad (\text{iii})$$

Dall'esser poi MQ parallela a BO, si hanno le proporzioni

OQ : MB :: NO : NB; MQ : BO :: NM : NB dalle quali si trae,

$$OQ = \frac{MB \times NO}{NB}; \quad MQ = \frac{BO \times NM}{NB}; \quad \text{ed } \left( \frac{OQ}{MQ} \right) = \frac{MB \times NO}{BO \times NM}.$$

Sostituendo questo ultimo valore nella (iii) risulta

$$S = \frac{1}{2} A \times AM \times G \times \frac{MB \times NO}{BO \times NM}$$

la quale esprime meglio colla

$$S = \frac{1}{2} G \times \frac{A \times NO}{BO} \times \frac{AM \times MB}{NM}.$$

Osservando ora che di quantità variabile non v'è qui che la  $\frac{AM \times MB}{NM}$ ,  
 è giusto lo inferirne che il valore massimo della spinta dipenderà dal  
 massimo valore della stessa frazione  $\frac{AM \times MB}{NM}$ .

Per trovare ora questo massimo si ponga anzitutto

$$NM = x; NA = n; NB = m, \text{ per cui } \frac{AM \times MB}{NM} = \frac{(x-n)(m-x)}{x},$$

e applicando la regola di soluzione delle questioni di *maximum* e *mini-*  
*imum* riferibili al secondo grado si faccia  $\frac{(x-n)(m-x)}{x} = y$ ,

si avrà  $xm - x^2 - nm + nx = xy$ ; e risolta per rispetto ad  
 $x$ , si ha

$$x = \frac{m+n-y}{2} + \sqrt{\left(\frac{m+n-y}{2}\right)^2 - mn} \quad (iv)$$

Fatto ora  $\left(\frac{m+n-y}{2}\right)^2 - mn = 0$ , e ritrovato il valore di  $y$  nella  
 relazione

$$y = m+n - \sqrt{4mn}$$

si sostituisca esso nella (iv) e si avrà

$$x = \frac{m+n-m-n+\sqrt{4mn}+\sqrt{\left(+nm-m-n+\sqrt{4mn}\right)^2-4mn}}{2} = m$$

da cui  $x = \sqrt{mn}$ .

che è quanto dire che  $x$ , ossia  $NM$  deve esser media proporzionale fra  
 $m = NB$ , ed  $n = NA$ .

Adunque il punto M, estremo della linea di separazione MO del prisma di massima spinta trovasi a modo sulla superficie superiore AB del terrapieno, da offrire la relazione

$$\begin{aligned}\overline{NM} &= NB \times NA \text{ dalla quale} \\ NA : NM &:: NM : NB, \text{ ma si aveva già} \\ NM : NB &:: NQ : NO, \text{ dunque} \\ NA : NM &:: NQ : NO\end{aligned}$$

lo che significa che unendo il punto A col punto Q, la retta AQ è parallela alla MO, ed i triangoli AOM, MOQ i quali hanno la stessa base MO e sono compresi fra le medesime parallele MO, AQ, sono equivalenti.

Adunque si avrà  $AM \times OE = MQ \times OF$  e poichè  $OE = A$  all'altezza cioè del triangolo già considerato AOM, si avrà ancora

$$AM \times A = MQ \times OF.$$

Sostituendo ora il valore di  $AM \times A$  nella relazione (iii) di già veduta, si ottiene la nuova espressione della spinta

$$S = \frac{1}{2} G \times MQ \times OF \frac{OQ}{MQ} = \frac{1}{2} G \times OF \times OQ.$$

Ma  $OF = OQ \text{ sen. } OQM = CQ \text{ sen. } (180^\circ - QOM - OMQ = OQ \text{ sen. } (180^\circ - (NOA + AOZ - MOZ) - (MOZ - BOZ) = OQ \text{ sen. } (180^\circ - a - b + c - c + a) = OQ \text{ sen. } (180^\circ - b) = ON \text{ sen. } b.$

Sostituendo quindi si avrà

$$S = \frac{1}{2} G. OQ^2 \text{ sen. } b(1).$$

836. VALORE DELLA MASSIMA SPINTA, QUANDO LA PARETE INTERNA DEL MURO SIA VERTICALE, E LA FACCIA SUPERIORE DEL TERRAPIENO SIA ORIZZONTALE. — In simil caso, fig. 189<sup>a</sup>, fatto l'angolo BOZ eguale all'angolo d'attrito  $\alpha$  delle terre, per esser retto l'angolo AOZ, la retta NO che forma con la AO l'angolo NOA =  $a$  sarà anche perpendicolare sulla OB, e la MO, che divide il prisma AOM di massima spinta dal sottostante terrapieno, è bisettrice dell'angolo AOB.

Infatti, dal teorema che la perpendicolare abbassata sull'ipotenusa dall'angolo retto d'un triangolo rettangolo è media proporzionale fra i due segmenti della stessa ipotenusa, si ha che

$$\overline{OA}^2 = NA \times AB.$$

ma si ha ancora dal triangolo rettangolo NAO che

$$\overline{NO}^2 = \overline{NA}^2 + \overline{AO}^2,$$

dunque, sostituendo questi valori nella relazione già conosciuta

$$\overline{NM}^2 = NB \times NA = NA (NA + AB)$$

si avrà che

$$\overline{NM}^2 = \overline{NO}^2 \text{ ed } NM = NO.$$

Ora dal triangolo isoscele NOM, e dal parallellismo delle due rette NB, OZ risulta

$$NOM = NMO = MOZ = c$$

$$\text{Ma } AMQ = AOQ = a, \text{ ed } AOM = NOM - NOA = c - a,$$

$$MOB = MOZ - BOZ = c - a,$$

dunque OM è bisettrice dell'angolo AOB =  $(90^\circ - a)$ .

Ora il peso del prisma spingente è dato da

$$P = \frac{1}{2} G \times AO \times AM$$

$$\text{ma } AM = AO \times \text{tang. } \angle AOM = AO \times \text{tang. } \left( \frac{90^\circ - a}{2} \right)$$

$$\text{dunque } P = \frac{1}{2} G \times \overline{AO}^2 \times \text{tang. } \left( \frac{90^\circ - a}{2} \right)$$

Osservando però che

$$\begin{aligned} \frac{\text{sen. } (c - a)}{\text{sen. } (a + b - c)} &= \frac{\text{sen. } (MOZ - BOZ)}{\text{sen. } (NOA + \angle AOZ - MOZ)} = \\ &= \frac{\text{sen. } \left( \frac{90^\circ - a}{2} \right)}{\text{sen. } (a + 90^\circ - \left( \left( \frac{90^\circ - a}{2} \right) + a \right))} = \\ &= \frac{\text{sen. } \left( \frac{90^\circ - a}{2} \right)}{\text{sen. } \left( \frac{90^\circ + a}{2} \right)} = \frac{\text{sen. } \left( \frac{90^\circ - a}{2} \right)}{\cos. \left( \frac{90^\circ - a}{2} \right)} = \text{tang. } \left( \frac{90^\circ - a}{2} \right). \end{aligned}$$



$$\text{difatti } \text{sen.} \left( \frac{90^\circ - a}{2} \right) = \sqrt{\frac{1 - \cos. (90^\circ - a)}{2}} = \sqrt{\frac{1 + \text{sen. } a}{2}}$$

$$\text{cos.} \left( \frac{90^\circ - a}{2} \right) = \sqrt{\frac{1 + \cos. (90^\circ - a)}{2}} = \sqrt{\frac{1 + \text{sen. } a}{2}}$$

e sostituendo ora questi valori nell'espressione generale della spinta

$$S = P \frac{(\text{sen. } c - a)}{\text{sen. } (a + b - c)}$$

si ottiene, dicendo A l'altezza AO

$$S = \frac{1}{2} G \cdot A^2 \cdot \text{tang}^2 \left( \frac{90^\circ - a}{2} \right). \quad (1)$$

L'espressione della spinta, nel caso contemplato dal presente paragrafo, può ancora semplificarsi e ridursi a

$$S = \frac{1}{2} G \cdot \overline{AM}^2$$

causa la relazione che si trae dal triangolo rettangolo OAM.

$$AM = AO \text{ tang.} \left( \frac{90^\circ - a}{2} \right).$$

337. VALORE DELLA MASSIMA SPINTA QUANDO LA SUPERFICIE SUPERIORE DEL TERRAPIENO SEGUE LA LINEA DEL DECLIVIO NATURALE DELLE TERRE. — Sia AM la superficie superiore del terrapieno, fig. 190<sup>a</sup>, inclinata sulla AB dell'angolo d'attrito BOZ = MAB =  $a$  delle terre, fatto l'angolo AON = BOZ =  $a$ , ed osservato che a causa del parallelismo delle due rette NM e OB, si ha

$$NMO = MOB = MOZ - BOZ = c - a,$$

$$NOM = NOA + AOZ - MOZ = a + b - c$$

per cui

$$\frac{NO}{NM} = \frac{\text{sen. } (c - a)}{\text{sen. } (a + b - c)}.$$

Il valore generale della spinta, cioè

$$S = P \frac{\text{sen. } (c - a)}{\text{sen. } (a + b - c)}$$

si cangia quindi in

$$S = P \times \frac{NO}{NM},$$

sostituendo al P il suo valore, espresso da  $\frac{1}{2} G \cdot OE \cdot AM$  si ottiene

$$S = \frac{1}{2} G \cdot OE \cdot AM \frac{NO}{NM} = \frac{1}{2} G \cdot OE \cdot NO \frac{AM}{NM}.$$

Condotta quindi la AQ parallela ad OM si ha  $AM : NM :: QO : NO$  da cui  $\frac{AM}{NM} = \frac{QO}{NO}$  ed osservato che il massimo valore che può raggiungere QO è NO, e che in questo caso  $\frac{QO}{NO} = 1$ , il massimo valore della spinta si esprime dalla relazione

$$S = \frac{1}{2} G \cdot OE \cdot NO.$$

Ma  $OE = NO \text{ sen. } ENO$ , ed  $ENO = 90^\circ - NOE = 90^\circ - (NOZ - EOZ)$

$$= 90^\circ - ((NOA + AOZ) - (EOB + BOZ))$$

$$= 90^\circ - a - b + 90^\circ + a = 180^\circ - b$$

dunque

$$S = \frac{1}{2} G \cdot \overline{NO}^2 \cdot \text{sen. } (180^\circ - b) = \frac{1}{2} G \cdot \overline{NO}^2 \cdot \text{sen. } b. (i)$$

Che se il valore della spinta si volesse esprimere in funzione dell'altezza  $AR = A$ , del punto A al disopra dell'orizzontale passante per O, si osservi che dal triangolo NOA, e per il principio altra volta ricordato, si trae

$NO : AO :: \text{sen. } NAO : \text{sen. } ANO$  da cui

$$NO = AO \frac{\text{sen. } NAO}{\text{sen. } ANO} = \frac{\text{sen. } (AOZ - BOZ)}{\text{sen. } (180^\circ - AOZ)}$$

$$- 445 -$$

$$= AO \frac{\text{sen. } (b - a)}{\text{sen. } b}.$$

Ora l'altezza  $AR = A = AO \text{ sen. } AOR = AO \text{ sen. } (180^\circ - (NOA + AOA)) = AO \text{ sen. } (a + b).$

$$\text{Adunque } AO = \frac{A}{\text{sen. } (a + b)}.$$

Sostituito questo valore nell'espressione

$$NO = AO \frac{\text{sen. } (b - a)}{\text{sen. } b}$$

$$\text{si ottiene } NO = \frac{A}{\text{sen. } (a + b)} \times \frac{\text{sen. } (b - a)}{\text{sen. } b} = \frac{A \text{ sen. } (b - a)}{\text{sen. } b \cdot \text{sen. } (a + b)}.$$

Il valore adunque della spinta, che per il presente caso lo troviamo espresso dalla relazione (1) si trasforma in

$$S = \frac{1}{2} G \frac{A^2}{\text{sen. } b} \times \frac{\overline{\text{sen.}}^2 (b - a)}{\overline{\text{sen.}}^2 (a + b)}.$$

Se infine l'angolo  $AOZ = b$  fosse retto, il valore della spinta si trasformerebbe ancora in

$$S = \frac{1}{2} G \cdot A^2, \text{ per essere}$$

$$\text{sen. } b = 1, \text{ e } \frac{\overline{\text{sen.}}^2 (b - a)}{\overline{\text{sen.}}^2 (b + a)} = \frac{\overline{\text{cos.}}^2 a}{\overline{\text{cos.}}^2 a} = 1.$$

OSSERVAZIONE. — Quando l'attrito e la coesione fra le molecole di terra fossero zero, lo che avviene, come già dissi, nel caso che il corpo a sostenersi fosse un liquido, e la parete del muro fosse verticale, allora essendo  $a = 0$ , e  $b = 90^\circ$ , il valore della spinta sarà espresso dal peso d'un prisma liquido che ha per base la parete premuta lunga l'unità e alta  $A$ , e per l'altezza la distanza dal centro di gravità della parete rettangolare premuta, alla superficie libera del liquido. Perciò detto  $G$  il peso specifico del liquido premente, il valore della spinta sarà espresso da

$$S = G \times 1 \times A \times \frac{A}{2} = \frac{1}{2} G \cdot A^2.$$

838. DETERMINAZIONE DEL PUNTO D'APPLICAZIONE DELLA MASSIMA SPINTA GENERATA DA UN TERRAPIENO SU D'UN MURO DI SOSTEGNO. — Si sa che l'effetto d'una spinta su d'un muro di sostegno non può essere altro che, o di produrre un moto progressivo dello stesso muro respingendolo in fuori della sua base; oppure un moto rotatorio del muro medesimo, facendolo ruotare attorno allo spigolo esteriore della stessa sua base.

Occorrendoci ora nel secondo di questi casi di dover porre a calcolo il momento della spinta, ragion vuole si determini il punto d'applicazione della spinta medesima, per così valutarne il suo braccio di leva e il suo momento.

In proposito, e osservando che un masso di terra non può certo premere maggiormente di quello avvenga per una massa liquida, che come si sa stimasi un corpo di molecole mobilissime a petto della terra ordinaria, stimeremo il punto d'applicazione della spinta d'una massa di terra nel punto stesso d'applicazione della spinta d'una massa liquida contro un muro verticale di sostegno.

Ora si sa dall'idraulica che la pressione d'un liquido su d'un punto qualunque del fondo o della parete laterale del vaso che lo contiene, è proporzionale all'altezza o distanza verticale fra il punto considerato e la superficie libera del liquido, ed è misurata dal peso d'una colonna liquida avente l'altezza ora menzionata, e per base la porzione considerata della parete o del fondo del vaso.

Supponendo quindi  $ab$  una lista sottilissima d'una parete verticale, gravata d'acqua nel senso della freccia, la pressione dell'acqua nel punto  $n$  della parete, fig. 191<sup>a</sup>, detta  $n$  la porzione della parete del vaso, e  $d$  la sua distanza dallo stesso punto alla superficie libera del liquido, sarà data dal prodotto  $n \times d$ ; oppure innalzata la perpendicolare  $mn = na$  sulla parete  $ab$ , la stessa pressione sarà espressa da  $n \times mn$ .

Conducendo ora tante rette perpendicolari alla linea  $ab$  dagli infiniti punti che sono nella stessa linea, ed eguali alle rispettive distanze dallo stesso punto  $a$ , si giungerà ad avere la pressione totale sulla lista  $ab$ , rappresentata dal peso delle linee sottilissime  $cb$ ,  $mn$  ecc., le quali componendo la superficie triangolare  $abc$ , la pressione sopradetta sarà rappresentata dal peso della stessa superficie.

La pressione adunque su tutta la parete laterale  $ab$  o  $m$  di lunghezza  $o b = m a$ , ci sarà rappresentato da  $a b$  volte il peso del triangolo  $abc$  or ora considerato, perciò da

$$\frac{ab \times bc}{2} \times o b,$$

il qual peso riducesi a quello del prisma triangolare  $abc$  n o  $m$ .

Ora è chiaro che, a vece di considerare una somma di pressioni su ogni listarella verticale  $a b$ , per quante se ne possono contenere nella lunghezza  $o b$ , se ne può considerare una unica; e di più, se l'area del triangolo  $a b c$  rappresenta la pressione laterale su ogni listarella  $a b$ , la somma delle pressioni di tutte le listarelle sarà applicata alla metà inferiore dell'altezza  $a b$ , e non potrà che trovarsi nel centro di gravità del triangolo  $a b c$ ; e perciò distante dal fondo  $b$  del  $\frac{1}{3}$  di  $b a$ .

È questo punto, e nel quale si suppone applicata la somma delle pressioni che il liquido esercita contro la parete verticale  $a b o m$ , che dicesi centro di pressione.

Comunque la mobilità delle molecole liquide sia ben di molto superiore a quella delle molecole di un masso terroso, pure il centro di pressione di questo suolsi sempre ritenere siccome corrispondente a quello d'una massa liquida, per cui il centro d'applicazione della massima spinta generata da un terrapieno su d'una parete che lo sostiene si considera siccome al  $\frac{1}{3}$  dell'altezza del muro, a partire dalla sua base.

830. MURI DI SOSTEGNO O TERRAPIENO, LORO FORMA E COSTRUTTURA. — Diconsi muri di sostegno o di terrapieno, quelli destinati ad impedire gli scoscientimenti di quei terrapieni alle cui scarpe non si può assegnare l'inclinazione corrispondente al naturale declivio delle terre.

Comunemente essi si distinguono in *muri di sostegno* propriamente detti, e *muri di controriva*. Entrambi si costruiscono ordinariamente nelle strade a mezza costa; ma i primi sostengono la carriera stradale, i secondi i terrapieni laterali alle strade.

Sempre quando questi muri siano troppo lunghi, ed abbiano per di più un'altezza considerevole, la loro costruzione diventa costosa, e la loro forma allo scopo di diminuire il volume del muro e aumentarne la resistenza, si modifica a seconda dei casi, da muri-retti, in muri con una inclinazione o scarpa in una sola o in entrambe le faccie interna ed esterna; in muri con contrafforti o speroni da una sola oppure da entrambe le stesse faccie; o finalmente in muri con riseghe o ritagli, oppure con archi o volte così dette di scarico, nella sola faccia interna del muro.

Non tutte però queste differenti forme di muro riescono opportune in tutti i casi, nè tutte presentano l'eguale resistenza o l'eguale diminuzione nel volume del muro, per non doverle una ad una porre a calcolo, e studiare quale sia a preferirsi, e quali i danni che ciascuna forma accompagnano.

Riservandomi a presentare una tabella di raffronto di tutte le più

usate forme di muro, ecco le principali cure ed avvertenze che debbono tenersi nella costruzione di ciascuna forma in particolare, e dei muri di sostegno in generale.

E anzi tutto dei muri a scarpa e dei muri con contrafforti. Entrambi riescono ad aumentare la stabilità del muro particolarmente quando la scarpa o i contrafforti sono posti dalla parte esterna. Alla parte interna, e comunque i contrafforti particolarmente, valgano anche a rompere dirò così il prisma della massima spinta, e il quale non esercita quasi più la sua azione che nello spazio intermedio ai contrafforti medesimi, pure non sono usati, nè scarpa nè speroni, se non nel caso che sia richiesta la regolarità della parete esterna del muro di sostegno. Quando però debba costruirsi un muro con contrafforti, siano interni che esterni, è necessario di rilegare quanto più è possibile i contrafforti al muro, sia a mezzo di pietre di grandi dimensioni che facciano contemporaneamente parte dell'uno e degli altri, sia a mezzo di tiranti di ferro.

I muri poi con riseghe, archi o volte di scarico, e a profilo curvo, figure 192<sup>a</sup>, 193<sup>a</sup>, 194<sup>a</sup>, riescono in generale assai più vantaggiosi dei muri con scarpa, o con semplici contrafforti interni. Le riseghe o le volte di scarico hanno il vantaggio di frazionare il prisma di massima spinta, e concorrere, colla terra che poggia su di esse e che aumenta il peso del muro, ad allontanare il centro di gravità del muro dallo spigolo esterno del muro stesso, e attorno al quale la spinta del prisma di terra tende a far ruotare il muro.

Le riseghe o ritagli, raffigurano una scala nella faccia interna del muro, con larghezza negli scalini o ritagli variabile dai m. 0,15 ai m. 0,30, e con altezza o distanza fra i medesimi sempre costante, e dai m. 1 ai m. 2 secondo l'altezza del muro in cui si praticano.

Le volte o archi di scarico sono a più ordini, distanti fra loro dai m. 2 ai m. 2,20, impostate su contrafforti larghi per m. 1 o m. 1,50, distanti da mezzo a mezzo di m. 5 a m. 5,50, e di grossezza uniforme e compresa fra i m. 0,36 e m. 0,60.

Le avvertenze da porsi nella costruzione di questi muri riflettono la unione più perfetta fra il muro e i contrafforti, e fra questi e le volte di scarico, affinché si rileghino quanto più intimamente è possibile.

I muri infine con profilo curvo tanto internamente che esternamente sono vantaggiosissimi alla stabilità del muro di sostegno, rientrando essi nella categoria dei muri a scarpa esterna, per lo che, come questi, allontanano il centro di gravità del muro dallo spigolo esterno. Se non che, e a parte le cure che richiede la loro costruzione, è d'uopo anche avvertire che l'angolo al centro che formano i due raggi che si partono dagli estremi del profilo, non riesca alquanto aperto, e la verticale del

centro di gravità del muro, non tenda ad uscire dalla base dalla parte delle terre. Ciò perchè se il muro manca d'appoggio, e se le terre non sono bastantemente compatte, si produce un vuoto fra queste e il muro, il quale non essendo più sostenuto tende a rovesciarsi sulle terre, per cui si producono sconnessioni e ondulazioni molto sensibili sulla superficie esterna del muro. I mezzi per ovviare quest'inconveniente sono parecchi, e fra questi riescono opportunissimi i ritagli o riseghe sulla parete interna del muro, oppure anche, e sempre quando la spesa non sia eccessiva, un muro a secco costruito fra le terre e il muro, e con la parete interna verticale oppure a scarpa, per offrire così al vero muro di sostegno un piano di appoggio fisso e poco suscettibile di essere spostato.

Le avvertenze generali poi sulla costruzione dei muri di sostegno riguardano particolarmente le fondazioni, e la qualità delle terre a sostenersi. Le fondazioni, onde valgano ad assicurare la maggior stabilità agli stessi muri, è d'uopo si trovino in un terreno egualmente incompressibile, affine di poter presentare una base immobile alla sovrastante muratura. Quando i muri di sostegno sono molto lunghi, consigliano i pratici di stabilire di distanza in distanza delle pietre da taglio di grandi dimensioni, le quali non solo rendono più stabile la muratura, ma ne aumentano la resistenza nei punti in cui si trovano.

La qualità delle terre a sostenersi, allorchè sia acquitrinosa, ossia facile a lasciarsi attraversare dalle acque, obbliga a munire il muro di alcune feritoie, praticate più o meno vicine in proporzione dell'abbondanza delle acque da scarirarsi, e in tutta l'estensione del muro. Esse poi si fanno a differenti altezze, ma più particolarmente nella parte inferiore; e perchè le terre non le abbiano ad ostruire, è bene si disponga attorno ad esse, e posteriormente al muro, una corona di pietrame a secco.

840. RELAZIONI A STABILIRSI PER DETERMINARE LA GROSSEZZA DEI MURI DI SOSTEGNO. — Determinato il valore della massima spinta che può produrre una massa liquida, o un masso terroso sopra il muro che la sostiene, e determinati pur anche il punto d'applicazione di questa spinta, e la forma a cui si possono foggiare questi muri di sostegno, ne occorre stabilire le relazioni dalle quali ne sia dato dedurre la grossezza che competerà al muro per ogni singolo caso che la pratica possa offrirci.

E prima di tutto, ricordando che due sono gli effetti che può produrre siffatta spinta, quello cioè di far scorrere il muro sulla sua base imprimendogli perciò un moto progressivo, e quello di farlo ruotare sullo spigolo esteriore della base medesima, due saranno del pari le relazioni a determinarsi fra il valore della spinta e il valore della resistenza del muro.

Ora, e per riguardo al primo effetto della spinta, ossia allo scorrimento del muro che essa può produrre, facile è lo intendere che opponendosi allo scorrimento medesimo il peso del muro coll' attrito, la relazione a stabilirsi perchè la spinta stessa venga equilibrata dalla resistenza del muro è la seguente

$$S = P. f.$$

intendendo per  $S$  il valore della spinta, per  $P$  il peso del muro, e per  $f$  il coefficiente d' attrito della muratura posta alla base del muro di sostegno, con quella di cui è formato lo strato più alto delle fondazioni.

Per riguardo poi al secondo effetto che può produrre la spinta, al moto rotatorio cioè che essa può imprimere al muro sullo spigolo esteriore, basterà considerare che agendo la spinta con un braccio d' azione rappresentato dalla perpendicolare abbassata dal suo punto d' applicazione sulla direzione in cui essa agisce, e che, come vedesi facilmente, vale ad aumentare l' effetto di cui è capace la spinta stessa a misura che esso s' aumenta, la relazione d' equilibrio a stabilirsi fra la spinta e la resistenza del muro, non potrà sussistere che fra il momento della spinta, e il momento del peso del muro, rappresentati entrambi da un prodotto in cui è fattore il rispettivo braccio d' azione della spinta e del peso del muro.

Dicendo adunque  $b$  il braccio d' azione della spinta, ed  $m$  il braccio d' azione del peso  $P$  del muro, la relazione d' equilibrio che deve verificarsi è

$$S \times b = P \times m.$$

Se non che, agendo qui la spinta in direzione inclinata alla superficie del muro di sostegno come lo abbiamo dedotto dai paragrafi 834 e seguenti, il valore della spinta che noi dobbiamo porre a calcolo nelle due relazioni d' equilibrio, non è quale si rinvenne agli stessi paragrafi, sibbene quello solamente che compete alla sua componente orizzontale, essendo solo ad essa dovuti entrambi gli effetti, o entrambi i due moti progressivo e rotatorio che la spinta è capace di produrre nel muro.

Ed anzi, agendo la componente verticale della spinta stessa dall' alto al basso, viene essa in una al peso del corpo, e coll' attrito già indicato dalle murature della base del muro e della fondazione, e col braccio di azione che pur a lei compete, ad opporsi agli stessi moti di scorrimento e di rovesciamento che la sola componente orizzontale della spinta può produrre nel muro; concorrendo per tal modo alla stabilità del muro fino a che però la totale pressione di cui risulta gravata la base del muro stesso, non sia superiore, per ogni unità di superficie della stessa base, a quella pressione, che per generale consentimento dei pratici, si può far sopportare all' unità superficiale della stessa muratura, senza che questa manchi di trovarsi in convenienti condizioni di stabilità.



Dette quindi  $O_s$ ,  $V_s$ , le componenti orizzontale e verticale della spinta, detti  $b$ ,  $d$ , i rispettivi bracci d'azione che competono a ciascuna delle due componenti, le vere relazioni a stabilirsi fra la spinta e la resistenza del muro per determinare di poi la grossezza di questo, ed ovviare ai due moti progressivo e rotatorio, sono le seguenti.

$$O_s = f \cdot (V_s + P) \quad (i)$$

$$O_s \cdot b = V_s \cdot d + P \cdot m \quad (ii).$$

Ricordando poi che al costruttore occorrono relazioni da cui possa dedursi più la stabilità dell'opera che il solo equilibrio fra essa e le forze che tendono a ruinarla, le relazioni stesse (i) e (ii) si modificano nelle seguenti

$$O_s = r' \cdot f \cdot (V_s + P); \quad (iii)$$

$$O_s \cdot b = r' \cdot (V_s \cdot d + P \cdot m); \quad (iv)$$

nelle quali il fattore  $r'$  rappresenta il così detto *coefficiente di stabilità*, il cui valore per le osservazioni del *Vauban* e del *Rondelet* varia fra 2,5 e 4,5, come già vedemmo nelle relazioni per la grossezza dei muri sottoposti a una spinta orizzontale.

841. COMPONENTI ORIZZONTALE E VERTICALE DELLA MASSIMA SPINTA CHE UN PRISMA DI TERRA ESERCITA SOPRA UN MURO DI SOSTEGNO; LORO BRACCIO D'AZIONE; E DETERMINAZIONE DELLA MASSIMA PRESSIONE CHE SOPPORTA LA BASE DEL MURO RELATIVAMENTE ALL'UNITÀ DI SUPERFICIE. — Decomposta, nella figura 187<sup>a</sup> la spinta  $s'$   $R'$  nelle due componenti orizzontale e verticale  $s'$   $C$ ,  $s'$   $C'$ , esse hanno i seguenti valori

$$s'C = s'R' \cos. C s'R'$$

$$s'C' = s'R' \sin. C s'R'.$$

$$\begin{aligned} \text{E poichè } s'R' = S; C s'R' = vGR' = vGT - R'GT = 90^\circ - \\ mGT + mGR' = 90^\circ - (180^\circ - b) + a = a + b - 90^\circ, \end{aligned}$$

così sostituendo si avrà

$$s'C = O_s = S \cos. (b + a - 90^\circ) = S \sin. (b + a) \quad (i)$$

$$s'C' = V_s = S \sin. (b + a - 90^\circ) = - S \cos. (b + a) \quad (ii).$$

A determinare ora il braccio d'azione di queste due componenti, si osservi che essendo  $s'$  il punto d'applicazione della spinta contro la parete del muro, eguale il punto stesso al  $\frac{1}{3}$  dell'altezza del prisma di terra a partire dal punto O della base del muro, il braccio d'azione della componente Os sarà rappresentato dalla perpendicolare  $s'C'$  abbassata dal punto  $s'$  sulla linea di base A'O; mentre il braccio di leva della componente verticale Vs sarà rappresentato dalla perpendicolare A'C' abbassata dal punto A', rappresentante lo spigolo attorno al quale può verificarsi il rovesciamento del muro in causa alla spinta che il muro medesimo sopporta, sulla direzione della stessa componente verticale rappresentata dalla linea  $s'C'$ .

Questi due bracci d'azione,  $s'C'$ , A'C' delle due componenti orizzontale e verticale della spinta debbono esprimere in funzione delle dimensioni cognite del muro, e della dimensione incognita che è la sua grossezza.

Per determinare infine la massima pressione che sopporta la base del muro relativamente all'unità di superficie, ed accertarci se essa sia inferiore alla pressione che per la stessa unità, e per generale consentimento dei pratici, non danneggia la stabilità dell'opera, è d'uopo anzitutto determinare la risultante R fra la direzione della spinta e il peso del muro, e prolungarla fino allo scontro della base di questo. Quindi, o questa direzione incontra nel centro la base, ossia la faccia su cui si appoggia il muro, e la pressione si distribuisce uniformemente, e il suo valore per unità di superficie, è eguale al quoziente della pressione divisa per la superficie della faccia su cui essa gravita; o la direzione della risultante cade fuori del centro della faccia, e la determinazione della pressione massima per unità di superficie, non si effettua che per considerazioni di calcolo non consentite dallo scopo di questo libro.

Mi contento perciò di riferire il risultato del calcolo tralasciando al tempo stesso di determinare la direzione della risultante R surricordata, potendo giungere altrimenti a conoscere la distanza dallo spigolo attorno a cui tende a ruotare il muro, al punto della base ove si esercita la massima pressione di cui sono capaci la spinta e il peso del muro.

E anzitutto, come bene intendesi, la forza premente è rappresentata dalla componente della risultante R diretta normalmente alla base del muro, quindi da  $Vs + P$ .

Ora considerando tutte le forze che agiscono sul muro coi loro bracci di leva per rispetto allo spigolo di base attorno a cui tende a ruotare il muro medesimo, e supponendo che all'appoggio sottostante alla stessa base siasi sostituita tutta la sua reazione, ove si dicano  $x$  il braccio di leva che compete alla pressione sulla base  $Vs + P$ ;  $b$ ,  $d$ , i bracci di leva

delle componenti orizzontale e verticale della spinta, ed  $m$  il braccio di leva del peso del muro, tutti per riguardo allo spigolo  $A'$  di rotazione del muro stesso, per l'equilibrio, si dovrà verificare fra i momenti delle stesse forze, l'equazione

$$O_s . b - (V_s . d + P . m) + (V_s + P) . x = 0$$

da cui

$$x = \frac{V_s . d + P . m - O_s . b}{V_s + P} \quad (iii).$$

Determinata la distanza  $x$ , e detti  $s$  il lato della base del muro corrispondente allo spessore,  $1$  il lato di lunghezza della stessa base, e  $P'$  la massima pressione per unità di superficie, e per ogni unità di lunghezza della base, si avrà il valore di questa pressione, dalla relazione.

$$P' = 2 \left( 2 - 3 \frac{x}{s} \right) \frac{V_s + P}{s}$$

la quale si traduce nella seguente

$$P' = V_s + P \frac{4s - 6x}{s^2} \quad (iv)$$

fino a che però si abbia

$$x < \frac{1}{2} s, \text{ e } x > \frac{1}{3} s.$$

Quando riesca  $x < \frac{1}{3} s$ , il valore della massima pressione riferita

all'unità di superficie vien dato da

$$P' = \frac{2}{3} \frac{V_s + P}{s} \quad (v)$$

Conosciuta la pressione unitaria si divida per il coefficiente di resistenza alla rottura per compressione, e nel quoziente si avrà il coefficiente di stabilità. Il muro poi sarà convenientemente stabile quando il coefficiente di stabilità risulta minore di 0,1.

Occorrendo di dover usare il peso specifico e il coefficiente di resistenza alla rottura per compressione delle differenti murature, ecco una tabella che li offre entrambi per quelle più comunemente usate.

| QUALITÀ DELLA MURATURA                                                       | PESO MEDIO<br>del decimetro cubo | Valore di $k$ coefficiente di<br>resistenza alla rottura per<br>pressione riferito al m.m.q. |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Muratura di pietrame con malta di buon cemento . . . . .                     | C. g. 2,50                       | C. g. 1,40                                                                                   |
| Muratura di pietrame con malta idraulica . . . . .                           | » »                              | » 0,50                                                                                       |
| Muratura di pietrame con malta di calce grassa. . . . .                      | » »                              | » 0,35                                                                                       |
| Muratura in conci di pietra da taglio con malta di calce idraulica . . . . . | » 2,60                           | » 0,72                                                                                       |
| Muratura in conci di pietra da taglio con malta di calce grassa . . . . .    | » »                              | » 0,50                                                                                       |
| Muratura in conci di pietra da taglio con malto di buon cemento . . . . .    | » »                              | » 2,00                                                                                       |
| Muratura di mattoni con malta di buon cemento . . . . .                      | » 2,20                           | » 1,50                                                                                       |
| Muratura di mattoni con malta di calce idraulica. . . . .                    | » »                              | » 0,50                                                                                       |
| Muratura di mattoni con malta di calce grassa. . . . .                       | » »                              | » 0,40                                                                                       |
| Muratura di calcestruzzo . . . . .                                           | » 2,20                           | » 0,48                                                                                       |

842. GROSSEZZA A DARSÌ AI MURI CON RISEGHE. — Questi muri ne obbligano alle considerazioni già fatte per i muri rinforzati da contraforti o da scarpe. Dobbiamo quindi considerarli siccome formati da tanti solidi murali quante sono le riseghe più una, determinare il peso, e il momento del peso di ciascun solido, e nella somma dei pesi e in quella dei momenti avremo il valore dei due termini  $P$ , e  $Pm$  che trovansi nelle relazioni già stabilite al parag. 840 per ovviare ai due moti progressivo e rotatorio. Se non che, venendo gravata ciascuna risega dalla terra, che, come già dissi parag. 139 s'appoggia su di essa, e concorrendo il peso di questa terra col peso del muro, ad allontanare il centro di gravità dello stesso muro dallo spigolo di base attorno a cui tende la spinta a farlo ruotare, conviene determinare il peso e il momento del peso di ciascun solido di terra che gravita sulle riseghe, ed unire alla somma dei pesi dei solidi murali, la somma dei pesi dei solidi di terra; e alla somma dei momenti di quelli la somma dei momenti di questi.

I valori già ricordati di  $P$ , e di  $Pm$  sono quindi meglio rappresentati da queste due particolari somme.

A miglior intelligenza del caso, stimo bene applicare queste considerazioni ad un particolare esempio.

843. ESEMPIO D'APPLICAZIONE AI MURI CON RISEGHE. — Rappresenti la fig. 192<sup>a</sup> il muro con le riseghe, la di cui stabilità, contro la spinta S d'un terrapieno, vuolsi verificare.

Come vedesi il muro si può considerare formato dai tre solidi murali AOHM, ONEF, NBCD, e dai due solidi di terra FERH, DCTR. A voler quindi rappresentare i valori di P e di Pm, ne converrà determinare il peso e il momento del peso di ciascun solido.

Ora, detti G', G il peso in C. g.: per metro cubo di muratura, e di terra; AM = BT = a l'altezza delle terre e del muro; MH = x lo spessore al ciglio del muro; AB = s lo spessore alla base dello stesso muro; HF = ED = CB = h l'altezza di ciascuna risega; FE = DC = p la sporgenza eguale di ciascuna risega, e l finalmente la lunghezza del muro, si avrà che, il peso, e il momento del peso del solido AOHM sono

$$G' \cdot a \cdot x; G' \cdot a \cdot x \cdot \frac{1}{2} x = \frac{1}{2} G' \cdot a \cdot x^2;$$

il peso, e il momento del peso del solido ONEF, sono

$$G' \cdot p (a - h); G' \cdot p (a - h) \times \left( \frac{1}{2} p + x \right)$$

il peso, e il momento del peso del solido NBDG, sono

$$G'p(a-2h); G'p(a-2h) \times \left( \frac{1}{2} p + p + x \right) = G'p (a-2h) \times \left( \frac{3}{2} p + x \right);$$

il peso, e il momento del peso del solido di terra FERH, sono

$$Gph; G \cdot p \cdot h \left( \frac{1}{2} p + x \right);$$

il peso, infine e il momento del peso dell'altro solido di terra DCTR sono

$$G p \cdot 2h = 2G p h; 2 G \cdot p \cdot h \times \left( \frac{3}{2} p + x \right).$$

Adunque si avranno le relazioni

$$\begin{aligned} P &= G' a x + G' (a - h) + G' p (a - 2h) + G p h + 2Gph = \\ &= G' (a (x + 2p) - 3p h) + 3G p h; e \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \cdot m &= \frac{1}{2} (G' a x^2 + G'p(a-h) \left( \frac{1}{2} p + x \right) + G'p(a-2h) \left( \frac{3}{2} p + x \right) \\ &+ G p h \left( \frac{1}{2} p + x \right) + 2G p h \left( \frac{3}{2} p + x \right) = \end{aligned}$$

$$G' \left( \frac{1}{2} a x^2 + p x (2a + 3h) + p^2 \left( 2a - \frac{7}{2} h \right) \right) + Gph \left( 3x + \frac{7}{2} p \right)$$

Sostituendo ora i valori di  $P$ , e  $P \cdot m$  nelle relazioni già trovate al paragrafo 840, e cioè

$$Os = r' \cdot f \cdot (Vs + P); Os \cdot b = r' (Vs \cdot d + P \cdot m)$$

si avranno le relazioni da cui dedurre la grossezza al ciglio per un muro con riseghe, affine di ovviare ai due moti progressivo e rotatorio che sul muro medesimo può imprimere la spinta d'un terrapieno.

Determinato il valore di  $x$  si avrà la grossezza alla base del muro, espressa da

$$s = x + 2p.$$

844. GROSSEZZA A Darsi ai Muri con CONTRAFFORTI ED ARCHI O VOLTRE DI SCARICO. — Rappresenti la fig. 193<sup>a</sup> un muro di sostegno con scarpa esterna, contrafforti interni, ed archi di scarico impostati sui medesimi, e ad eguali distanze fra loro.

I solidi, del di cui peso, e del di cui momento del peso dobbiamo tener calcolo, sono:

1° Il maschio del muro DCBN di grossezza  $DC = NB = x$ , di altezza  $BC = a$ , di lunghezza  $RP = l$ , e misurata da mezzo a mezzo dei contrafforti, e di peso  $G'$  per metro cubo.

Il suo peso è espresso da  $G' l a x$ , ed il momento del suo peso, per rispetto allo spigolo esterno  $A$  della base del muro, è dato da

$$G' l a x \times \left( \frac{1}{2} x + p \right);$$

intendendo per  $p$  la base  $AN$  della scarpa.

2° La scarpa proiettata in  $DAN$ , di altezza  $a$ , di lunghezza  $l$  e col piede della scarpa eguale a  $p$ .

Il suo peso è dato da

$$\frac{1}{2} G' l a p$$

ed il momento del suo peso, sempre per rispetto allo stesso spigolo  $A$ , è dato da

$$\frac{1}{2} G' l a p \times \frac{2}{3} p = \frac{1}{3} G' l a p^2.$$

3° I due mezzi contrafforti che sono nella lunghezza  $RP$ , e che equivalgono ad un contrafforte intero, alto egualmente al muro, e perciò  $a$ , sporgente, sulla base del maschio del muro, per  $m$ , e largo per  $q$ .

Il suo peso è dato da

$$G' a m q,$$

ed il momento del suo peso per rispetto allo spigolo  $A$ , è dato da

$$G a m q \times \left( \frac{1}{2} m + x + p \right).$$

4° Gli archi di scarico  $e f g h$ ,  $i l m n$ , i quali essendo sporgenti sul muro come i contrafforti, e perciò per  $m$ , ove dicasi  $s$  la superficie delle sezioni  $e f g h$ ,  $i l m n$ , ed  $n$  il numero degli archi, il peso dei medesimi sarà espresso da

$$G' . n . s . m.$$

ed il momento del peso per rispetto allo stesso spigolo  $A$ , è dato da

$$G' . n . s . m \times \left( \frac{1}{2} m + x + p \right).$$

5° Infine i solidi di terra che gravitano sopra gli archi di lunghezza eguale alla sporgenza dei contrafforti, ossia ad  $m$ , e di peso, per metro cubo, rappresentato da  $G$ . Dicendo quindi  $s'$  la superficie della figura  $f i n g$ , compresa fra la sporgenza dei contrafforti, e le curve d'intradosso ed estradosso degli archi, il peso di questi solidi, ove  $n'$  sia il numero degli archi, sarà espresso da

$$G (n' - 1) s' . m.$$

In questa espressione non viene compreso il peso del solido di terra che gravita sopra l'ultimo arco. Per cui, dovendo calcolare anche il peso di questo solido, ove dicasi  $s''$  la superficie  $e h t u$  compresa fra la sporgenza dei contrafforti, la curva d'estradosso dell'ultimo arco, e la superficie superiore  $u t$  in cui termina il terrapieno, il vero peso dei solidi di terra che gravitano sugli archi, è dato da

$$G . (n' - 1) s' . m + G s'' m = G m \left( (n' - 1) s' + s'' \right),$$

ed il momento di questo peso sarà dato da

$$G m \left( (n' - 1) s' + s'' \right) \times \left( \frac{1}{2} m + x + p \right).$$

Adunque il peso del solido, e il momento del peso che si debbono considerare nel presente caso, sono

$$P = G' . l a x + \frac{1}{2} G' l a p + G' a m q + G' n s m + G m ( (n'-1) s' + s'' ) e$$

$$P . m = \frac{1}{2} G' l a x \left( \frac{1}{2} x + p \right) + \frac{1}{2} G' l a p^2 + G' a m q \left( \frac{1}{2} m + x + p \right) +$$

$$G' n . s . m \left( \frac{1}{2} m + x + p \right) + G m \left( (n'-1) s' + s'' \right) \left( \frac{1}{2} m + x + p \right).$$

Ritenendo ora il piano verticale rappresentato in  $z z'$  come la parete del muro spinta dal terrapieno, determinando i valori che possono competere alle componenti  $Os$  e  $Vs$ , e ai loro bracci di leva  $b$  e  $d$  per rispetto alla condizione del terrapieno, e allo spigolo  $A$ , e sostituendo questi valori unitamente a quelli ora ritrovati per  $P$  e  $Pm$ , nelle relazioni generali

$$Os = r' . f . (Vs + P); \text{ ed } Os . b = r' (Vs d + P . m)$$

si ricaveranno due equazioni, la cui risoluzione offrirà il valore della grossezza al ciglio del muro.

Determinata la grossezza al ciglio, si ha la grossezza alla base, espressa da  $x + p$ .

845. GROSSEZZA A DARSÌ AI MURI CON PROFILO CURVO. — A poter determinare la grossezza di uno di siffatti muri, rappresentati in  $FABH$  dalla fig. 194<sup>a</sup>, si suppongano due archi di circolo concentrici le pareti interna ed esterna  $AB$ ,  $FH$  del muro, e siano, l'altezza delle terre  $DB = FE = a$ , la scarpa del muro  $AD = p$ , l'angolo  $ACB = \varpi$ , il raggio  $AC = R$ , il raggio  $FC = x$ , e le lunghezze sviluppate dei due archi  $AB$  ed  $FH$  eguali ad  $l, l'$ .

Essendo noti i valori di  $a$  e di  $p$ , si avrà il valore di  $R$  dal triangolo rettangolo  $BDC$  espresso da

$$R^2 = a^2 + (R - p)^2$$

da cui

$$R = \frac{a^2 + p^2}{2 p},$$

ed il valore dell'angolo  $\varpi$  dalla relazione  $a = R . \text{sen. } \varpi$  per cui

$$\varpi = \frac{a}{R}$$



avuti i valori di  $R$  e di  $\vartheta$  si avrà il valore di  $l$  dalla proporzione,

$$2 \pi R : l :: 360^\circ : \vartheta, \text{ da cui } l = \pi \cdot R \frac{\vartheta}{180^\circ}$$

e per analogia 
$$l' = \pi \cdot x \frac{\vartheta}{180^\circ}$$

Ora il volume del muro è dato dal prodotto della superficie FABH per la lunghezza del muro.

La superficie FABH è la differenza fra i due settori FCH, ACB espressi dal prodotto del rispettivo arco, per il rispettivo raggio, ossia

$$\text{Superf: FABH} = \frac{1}{2} l' x - \frac{1}{2} l R = \frac{1}{2} (l' x - l R)$$

dunque dicendo,  $l$  la lunghezza del muro, e  $G'$  il peso in C. g: per metro cubo di muratura, si avrà

$$P = \frac{1}{2} G' (l' x - l R).$$

Il momento del peso del muro per rispetto allo spigolo esterno B di base attorno a cui tende a ruotare il muro, è lo stesso del momento della superficie FABH per rispetto allo stesso spigolo, e il quale è dato dalla differenza dei momenti dei due settori FCH, ACB sempre relativamente allo spigolo B.

E poichè il centro di gravità d'un settore è ai  $\frac{2}{3}$  del raggio che divide per metà l'angolo al centro, così supposti in  $g'$ ,  $g$ , i centri di gravità dei rispettivi settori, i bracci di leva di ciascuno per rispetto allo spigolo B, sarebbero le distanze  $Bm$ ,  $Bn$  contate sull'orizzontale condotta per lo stesso punto B.

$$\begin{aligned} \text{Ma } Bm &= Dm' = DC - m'C = BC \cdot \cos. ACB = g'C \cos. \frac{1}{2} ACB = \\ &= R \cdot \cos. \vartheta - \frac{2}{3} x \cdot \cos. \frac{1}{2} \vartheta \end{aligned}$$

$$B n = D n' = D C - n' C = R \cos. \vartheta - g C \cos. \frac{1}{2} \vartheta = R \cos. \vartheta - \frac{2}{3} R \cos. \frac{1}{2} \vartheta.$$

Adunque il momento della superficie FABH è dato da

$$\frac{1}{2} l' x \left( R \cos. \vartheta - \frac{2}{3} x \cos. \frac{1}{2} \vartheta \right) - \frac{1}{2} l R \left( R \cos. \vartheta - \frac{2}{3} R \cos. \frac{1}{2} \vartheta \right).$$

Dicendo  $G'$  il peso in chilogrammi per metro cubo di muratura, si avrà ad espressione del momento del peso del muro

$$P. m = \frac{1}{2} G' \left( R l' x \cos. \vartheta - \frac{2}{3} l' x^2 \cos. \frac{1}{2} \vartheta - R l \cos. \vartheta + \frac{2}{3} R^2 l \cos. \frac{1}{2} \vartheta \right)$$

e sostituendo ad  $l'$  il suo valore già trovato  $l' = \frac{\vartheta}{180} \pi x$ , si avrà a novella espressione del momento del peso del muro

$$P. m = \frac{1}{2} G' \left( R \pi x^2 \cos. \vartheta \frac{\vartheta}{180} - \frac{2}{3} \pi x^3 \cos. \frac{1}{2} \vartheta \frac{\vartheta}{180} - R l \cos. \vartheta + \frac{2}{3} R^2 l \cos. \frac{1}{2} \vartheta \right)$$

Sostituendo ora questi valori di  $P$  e di  $P. m$  nelle note relazioni di stabilità per ovviare ai due moti progressivo e rotatorio, si avranno le relazioni di stabilità per un muro a profilo curvo

$$O s = v' . f . \left( v s + \frac{1}{2} G' (l' x - l R) \right) =$$

$$= v' . f . \left( v s + \frac{1}{2} G \left( \pi x^2 \frac{\vartheta}{180} - l R \right) \right); (i)$$

$$O s . b = \frac{v s . d}{1} + \frac{1}{2} G \left( R \cos. \vartheta \left( \pi x^2 \frac{\vartheta}{180} - R l \cos. \frac{1}{2} \vartheta \right) + \frac{2}{3} \cos. \frac{1}{2} \vartheta \left( R^2 l - \pi x^3 \frac{\vartheta}{180} \right) \right) (ii).$$

Come vedesi, l'applicazione di queste relazioni ne obbliga alla risoluzione d'un'equazione di terzo grado della forma

$$x^3 + m x^2 + n = 0 \quad (1)$$

(1) Sul dubbio che i nuovi programmi di matematica per gli Istituti tecnici non obbligassero allo studio della risoluzione delle equazioni di terzo grado, promisi nell'avvertenza che precede quest'opera mia di portare in nota la risoluzione medesima. Avendo però i detti programmi soddisfatto a questa lacuna, tralascio la promessa nota, non avendo più ragione di redigerla.

La risoluzione delle equazioni (i) e (ii) ora determinate, offre della  $x$  due valori, e la più grande differenza fra ciascuno di essi e il raggio  $R$ , è la grossezza del muro che si adotta in pratica.

Siccome però la risoluzione delle stesse equazioni conduce soventi a calcoli alquanto difficili e lunghi, così consigliano alcuni di supporre al muro una data grossezza, e verificare la stabilità di esso determinando i tre coefficienti di stabilità relativi al moto progressivo, al rotatorio, ed alla pressione, colle relazioni,

$$\left. \begin{aligned} 0 s &= r' \cdot f(V s + P) \text{ da cui } r' = \frac{0 s}{f(V s + P)} \quad (i) \\ 0 s \cdot b &= r' (V s \cdot d + P \cdot m), \text{ da cui } r' = \frac{0 s \cdot b}{V s \cdot d + P \cdot m} \quad (ii) \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{per il coefficiente} \\ r' \text{ al moto pro-} \\ \text{gressivo e al ro-} \\ \text{tatorio,} \end{array}$$

$r'' = \frac{P'}{R}$  (iii) per il coefficiente  $r''$  alla pressione; intendendo per  $P'$  la massima pressione riferita all'unità di superficie della base ove scorre il muro, e per  $R$  il coefficiente di resistenza alla rottura per pressione.

Il muro sarà sufficientemente stabile, quando  $r'$  riesca minore di  $\frac{2}{5}$  per la (i), eguale o presso che eguale alla stessa frazione  $\frac{2}{5}$  per la (ii); ed  $r''$  riesca minore di  $\frac{1}{10}$ .

Si noti che le quantità che trovansi nei secondi membri delle relazioni (i), (ii), (iii) si valutano in funzione delle dimensioni e condizioni note del problema, e della supposta grossezza del muro.

846. VALORE DELLE FUNZIONI CIRCOLARI SENO, COSENO E TANGENTE PER GLI ANGOLI COMPRESI FRA 0 E 90°. — Nella risoluzione dei problemi riguardanti i muri di sostegno, occorre di determinare il valore del seno, del coseno e della tangente di alcuni angoli compresi fra 0 e 90°. Allo scopo quindi di avere i valori di queste funzioni circolari senza l'uso dei logaritmi, offro i valori medesimi nella tavola seguente.

**Tavola del seno, coseno, e tangente degli angoli da 0 a 90°**  
essendo  $R = 1$

| Angoli in gradi | Seno   | Coseno | Tangente | Angoli in gradi | Seno   | Coseno | Tangente | Angoli in gradi | Seno   | Coseno | Tangente |
|-----------------|--------|--------|----------|-----------------|--------|--------|----------|-----------------|--------|--------|----------|
| 0               | 0,0000 | 1,0000 | 0,0000   | —               | —      | —      | —        | —               | —      | —      | —        |
| 1               | 0,0175 | 0,9998 | 0,0175   | 31              | 0,5150 | 0,8572 | 0,6009   | 61              | 0,8746 | 0,4848 | 1,8045   |
| 2               | 0,0349 | 0,9994 | 0,0349   | 32              | 0,5299 | 0,8480 | 0,6249   | 62              | 0,8820 | 0,4695 | 1,8807   |
| 3               | 0,0523 | 0,9986 | 0,0524   | 33              | 0,5446 | 0,8387 | 0,6494   | 63              | 0,8910 | 0,4595 | 1,9626   |
| 4               | 0,0698 | 0,9976 | 0,0699   | 34              | 0,5592 | 0,8290 | 0,6743   | 64              | 0,8988 | 0,4384 | 2,0503   |
| 5               | 0,0872 | 0,9962 | 0,0875   | 35              | 0,5736 | 0,8192 | 0,7002   | 65              | 0,9063 | 0,4226 | 2,1445   |
| 6               | 0,1045 | 0,9945 | 0,1051   | 36              | 0,5878 | 0,8090 | 0,7265   | 66              | 0,9135 | 0,4067 | 2,2460   |
| 7               | 0,1219 | 0,9925 | 0,1228   | 37              | 0,6018 | 0,7986 | 0,7536   | 67              | 0,9205 | 0,3907 | 2,3559   |
| 8               | 0,1392 | 0,9903 | 0,1405   | 38              | 0,6157 | 0,7880 | 0,7813   | 68              | 0,9272 | 0,3746 | 2,4751   |
| 9               | 0,1564 | 0,9877 | 0,1584   | 39              | 0,6293 | 0,7771 | 0,8098   | 69              | 0,9336 | 0,3584 | 2,6051   |
| 10              | 0,1736 | 0,9848 | 0,1763   | 40              | 0,6428 | 0,7660 | 0,8391   | 70              | 0,9397 | 0,3420 | 2,7475   |
| 11              | 0,1908 | 0,9816 | 0,1944   | 41              | 0,6561 | 0,7547 | 0,8693   | 71              | 0,9455 | 0,3256 | 2,9042   |
| 12              | 0,2079 | 0,9781 | 0,2126   | 42              | 0,6691 | 0,7431 | 0,9004   | 72              | 0,9511 | 0,3090 | 3,0777   |
| 13              | 0,2250 | 0,9744 | 0,2309   | 43              | 0,6820 | 0,7314 | 0,9325   | 73              | 0,9563 | 0,2924 | 3,2709   |
| 14              | 0,2419 | 0,9703 | 0,2493   | 44              | 0,6947 | 0,7193 | 0,9657   | 74              | 0,9613 | 0,2756 | 3,4874   |
| 15              | 0,2588 | 0,9659 | 0,2679   | 45              | 0,7071 | 0,7071 | 1,0000   | 75              | 0,9659 | 0,2688 | 3,7321   |
| 16              | 0,2756 | 0,9613 | 0,2867   | 46              | 0,7193 | 0,6947 | 1,0355   | 76              | 0,9703 | 0,2419 | 4,0108   |
| 17              | 0,2924 | 0,9563 | 0,3057   | 47              | 0,7314 | 0,6820 | 1,0724   | 77              | 0,9744 | 0,2250 | 4,3315   |
| 18              | 0,3090 | 0,9511 | 0,3249   | 48              | 0,7431 | 0,6691 | 1,1106   | 78              | 0,9781 | 0,2079 | 4,7046   |
| 19              | 0,3256 | 0,9455 | 0,3443   | 49              | 0,7547 | 0,6561 | 1,1504   | 79              | 0,9816 | 0,1908 | 5,1446   |
| 20              | 0,3420 | 0,9397 | 0,3640   | 50              | 0,7660 | 0,6428 | 1,1918   | 80              | 0,9848 | 0,1736 | 5,6713   |
| 21              | 0,3584 | 0,9336 | 0,3839   | 51              | 0,7771 | 0,6293 | 1,2349   | 81              | 0,9877 | 0,1564 | 6,3138   |
| 22              | 0,3746 | 0,9272 | 0,4040   | 52              | 0,7880 | 0,6157 | 1,2799   | 82              | 0,9903 | 0,1392 | 7,1154   |
| 23              | 0,3907 | 0,9205 | 0,4245   | 53              | 0,7986 | 0,6018 | 1,3270   | 83              | 0,9925 | 0,1219 | 8,1443   |
| 24              | 0,4067 | 0,9135 | 0,4452   | 54              | 0,8090 | 0,5878 | 1,3764   | 84              | 0,9945 | 0,1045 | 9,5144   |
| 25              | 0,4226 | 0,9063 | 0,4663   | 55              | 0,8192 | 0,5736 | 1,4281   | 85              | 0,9962 | 0,0872 | 11,4300  |
| 26              | 0,4384 | 0,8988 | 0,4877   | 56              | 0,8290 | 0,5592 | 1,4826   | 86              | 0,9976 | 0,0698 | 14,3007  |
| 27              | 0,4540 | 0,8910 | 0,5095   | 57              | 0,8387 | 0,5446 | 1,5399   | 87              | 0,9986 | 0,0523 | 19,0811  |
| 28              | 0,4695 | 0,8829 | 0,5317   | 58              | 0,8480 | 0,5299 | 1,6008   | 88              | 0,9994 | 0,0349 | 28,0363  |
| 29              | 0,4848 | 0,8746 | 0,5543   | 59              | 0,8572 | 0,5150 | 1,6643   | 89              | 0,9998 | 0,0175 | 57,2900  |
| 30              | 0,5000 | 0,8660 | 0,5774   | 60              | 0,8660 | 0,5000 | 1,7321   | 90              | 1,0000 | 0,0000 | ∞        |

847. — TAVOLE PRATICHE PER LA GROSSEZZA DEI MURI DI SOSTEGNO, A SECONDA DELLA FORMA DI QUESTI. — L'ingegnere civile *L. Foy*, supponendo di 46°, 50' l'angolo d'attrito delle terre, di 1600 C. g: il peso per metro cubo delle stesse terre e di 2200 C. g: il peso per metro cubo di muratura, determinò per un terrapieno terminato superiormente da un piano orizzontale, la grossezza al ciglio di differenti muri di sostegno, e colla condizione, che tutti avessero la stessa stabilità d'un muro a pareti verticali, che egli disse muro tipo, e la cui grossezza fosse eguale a 0,30 dell'altezza delle terre ossia del muro.

Unitamente alla grossezza determinò pure la cubicità dei differenti muri per ogni metro corrente, formando poi tante tavole, che io qui riporto ad istruzione pratica del lettore.

**Tavola I** — *Grossezza al ciglio, e volume per metro corrente dei muri con sola scarpa esterna, grande da 1/4, a 1/20 dell'altezza del muro.*

| SCARPA ESTERNA<br>DEL MURO | GROSSEZZA AL CIGLIO<br>DEL MURO | VOLUME DEL MURO<br>PER METRO CORRENTE |                    |
|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|--------------------|
| 1/4                        | $c = 0,0830. a$                 | Metri                                 | Cubi 0,2080. $a^2$ |
| 1/5                        | » 0,1214. $a$                   | »                                     | » 0,2214. $a^2$    |
| 1/6                        | » 0,1483. $a$                   | »                                     | » 0,2316. $a^2$    |
| 1/7                        | » 0,1683. $a$                   | »                                     | » 0,2397. $a^2$    |
| 1/8                        | » 0,1835. $a$                   | »                                     | » 0,2460. $a^2$    |
| 1/9                        | » 0,1957. $a$                   | »                                     | » 0,2511. $a^2$    |
| 1/10                       | » 0,2055. $a$                   | »                                     | » 0,2555. $a^2$    |
| 1/12                       | » 0,2205. $a$                   | »                                     | » 0,2622. $a^2$    |
| 1/15                       | » 0,2358. $a$                   | »                                     | » 0,2691. $a^2$    |
| 1/20                       | » 0,2513. $a$                   | »                                     | » 0,2764. $a^2$    |
| Muro verticale             | » 0,3000. $a$                   | »                                     | » 0,3000. $a^2$    |

OSSERVAZIONE. — Da questa tavola risulta che il volume per metro corrente dei muri, è tanto più piccolo, quanto più è grande la scarpa, e che il muro tipo verticale, appunto perchè gli corrisponde il maggior volume è meno economico dei muri a scarpa. La scarpa però è limitata dalla condizione di non avere al ciglio una grossezza inferiore da m. 0,35 a m. 0,40.

**Tavola II.** — *Groschezza al ciglio, e volume per metro corrente dei muri, alti 5, 6, 9, 12 e 15 metri, con scarpa esterna limitata al 1/10 dell'altezza.*

| ALTEZZA DEL MURO | GROSSEZZA AL CIGLIO | VOLUME<br>PER METRO CORRENTE |
|------------------|---------------------|------------------------------|
| Metri 5,00       | Metri 1,0275        | Metri Cubi 6,3875            |
| » 6,00           | » 1,2330            | » » 9,1980                   |
| » 9,00           | » 1,8495            | » » 20,6955                  |
| » 12,00          | » 2,4660            | » » 36,7920                  |
| » 15,00          | » 3,0825            | » » 57,4875                  |

**Tavola III.** — *Groschezza al ciglio, e volume per metro corrente de muri con SCARPA INTERNA da  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{10}$  dell'altezza a.*

| SCARPA INTERNA<br>DEL MURO | GROSSEZZA AL CIGLIO<br>DEL MURO | VOLUME DEL MURO<br>PER OGNI<br>METRO CORRENTE |
|----------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1/4                        | $x = 0,1063. a$                 | Metri Cubi 0,2913. $a^3$                      |
| 1/5                        | » 0,1944. $a$                   | » » 0,2944. $a^3$                             |
| 1/6                        | » 0,2127. $a$                   | » » 0,2960. $a^3$                             |
| 1/7                        | » 0,2257. $a$                   | » » 0,2971. $a^3$                             |
| 1/8                        | » 0,2352. $a$                   | » » 0,2977. $a^3$                             |
| 1/9                        | » 0,2427. $a$                   | » » 0,2982. $a^3$                             |
| 1/10                       | » 0,2486. $a$                   | » » 0,2986. $a^3$                             |
| Muro verticale             | » 0,3000. $a$                   | » » 0,3000. $a^3$                             |

OSSERVAZIONE. — Su questa tavola riesce opportuno l'osservare che la scarpa interna è poco vantaggiosa all'economia della muratura, fatta relazione al muro tipo verticale. Che essa poi fosse anche meno vantaggiosa dell'esterna per la stabilità del muro, si argomentò di già fin dalla osservazione fatta al secondo caso sulla forma dei muri, studiato al paragrafo 822.

**Tavola IV.** — *Groschezza al ciglio, e volume per metro corrente dei muri alti 5, 6, 9, 12 e 15 metri, con scarpa interna limitata al 1/10 dell'altezza.*

| ALTEZZE DEL MURO | GROSSEZZA AL CIGLIO | VOLUME<br>PER METRO CORRENTE |
|------------------|---------------------|------------------------------|
| Metri 5,00       | Metri 1,2430        | Metri Cubi 7,4560            |
| » 6,00           | » 1,4916            | » » 10,7496                  |
| » 9,00           | » 2,2374            | » » 24,1866                  |
| » 12,00          | » 2,9832            | » » 42,9984                  |
| » 15,00          | » 3,7390            | » » 67,1850                  |

**Tavola V.** — *Groschezza al ciglio, e volume per metro corrente dei muri con riseghe interne, equivalenti ad una scarpa determinata dalla retta fittizia che, partendosi dallo spigolo interno del ciglio del muro, congiungesse i mezzi di tutte le riseghe.*

| GROSSEZZA<br>delle riseghe, o scarpa<br>della retta passante<br>nel mezzo delle riseghe | GROSSEZZA AL CIGLIO<br>DEL MURO | VOLUME DEL MURO<br>PER METRO CORRENTE |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| 1/4                                                                                     | $x = 0,0763. a$                 | Metri Cubi 0,2013. $a^2$              |
| 1/5                                                                                     | » 0,1222. $a$                   | » » 0,2222. $a^2$                     |
| 1/6                                                                                     | » 0,1527. $a$                   | » » 0,2360. $a^2$                     |
| 1/7                                                                                     | » 0,1740. $a$                   | » » 0,2454. $a^2$                     |
| 1/8                                                                                     | » 0,1901. $a$                   | » » 0,2526. $a^2$                     |
| 1/9                                                                                     | » 0,2024. $a$                   | » » 0,2579. $a^2$                     |
| 1/10                                                                                    | » 0,2148. $a$                   | » » 0,2648. $a^2$                     |
| Muro verticale                                                                          | » 0,3000. $a$                   | » » 0,3000. $a^2$                     |

OSSERVAZIONE. — Da questa tavola si desume che i muri con riseghe interne, per riguardo all'economia della muratura, si trovano in condizioni presso che identiche ai muri con scarpa esterna. Per riguardo poi alla stabilità, ed ove si tenga calcolo del peso delle terre che gravita su di esse, sono in condizioni migliori di quelli con scarpa interna.

**Tavola VI.** — *Grossezza al ciglio, e volume per metro corrente dei muri con riseghe interne, alti 5, 6, 9, 12 e 15 metri, calcolando la linea fittizia di scarpa dell' 1/10 dell'altezza del muro.*

| ALTEZZA DEL MURO | GROSSEZZA AL CIGLIO | VOLUME PER METRO CORRENTE |
|------------------|---------------------|---------------------------|
| Metri 5,00       | Metri 1,0740        | Metri Cubi 6,6200         |
| » 6,00           | » 1,2888            | » » 9,5328                |
| » 9,00           | » 1,9332            | » » 21,4488               |
| » 12,00          | » 2,2776            | » » 38,1312               |
| » 15,00          | » 3,2220            | » » 59,5800               |

**Tavola VII.** — *Sporgenza dei contrafforti, e volume medio per metro corrente dei muri con contrafforti esterni, larghi 1 metro, e distanti 4 metri da asse a asse, essendo il muro verticale che è rinforzato dai contrafforti, grosso per 1/6 della sua altezza.*

| ALTEZZA del MURO | GROSSEZZA del MASCHIO DEL MURO | SPORGENZA dei CONTRAFFORTI | VOLUME MEDIO DEL MURO per METRO CORRENTE |
|------------------|--------------------------------|----------------------------|------------------------------------------|
| Metri 5,00       | Metri 0,833                    | Metri 0,833                | Metri Cubi 5,200                         |
| » 6,00           | » 1,000                        | » 1,000                    | » » 7,500                                |
| » 9,00           | » 1,500                        | » 1,500                    | » » 16,875                               |
| » 12,00          | » 2,000                        | » 2,000                    | » » 30,000                               |
| » 15,00          | » 2,500                        | » 2,500                    | » » 46,875                               |

OSSERVAZIONE. — Da questa tavola è facile il dedurre, che per riguardo alla economia della muratura i muri con contrafforti esterni, nelle condizioni suesposte, sono assai più vantaggiosi di tutti quelli che studiammo finora. — Se non che il loro impiego è oltremodo limitato, causa il troppo spazio esternamente al muro, che per la loro forma essi occupano.



**Tavola VIII** — *Sporgenza dei contrafforti, e volume medio per metro corrente dei muri con contrafforti interni, larghi 1 metro, e distanti da asse ad asse ossia da mezzo a mezzo per 4 metri, avendo il muro verticale che è rinforzato dai contrafforti, una grossezza dell'  $\frac{1}{4}$  o del  $\frac{1}{6}$  della sua altezza.*

| Rapporto della<br>gros-<br>sez-<br>za del<br>maschio del muro<br>all' altezza | ALTEZZA<br>del muro<br>e dei<br>contrafforti | GROSSEZZA<br>corrispondente<br>AL MASCHIO<br>DEL MURO | SPORGENZA<br>dei<br>CONTRAFFORTI | VOLUME MEDIO<br>DEL MURO<br>PER METRO<br>CORRENTE |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1/4                                                                           | Metri 5,00                                   | Metri 1,25                                            | Metri 0,825                      | Metri Cubi 7,275                                  |
|                                                                               | » 6,00                                       | » 1,50                                                | » 0,900                          | » » 10,476                                        |
|                                                                               | » 9,00                                       | » 2,25                                                | » 1,485                          | » » 23,571                                        |
|                                                                               | » 12,00                                      | » 3,00                                                | » 1,980                          | » » 41,904                                        |
|                                                                               | » 15,00                                      | » 3,75                                                | » 2,475                          | » » 60,475                                        |
| 1/6                                                                           | Metri 5,00                                   | Metri 0,833                                           | Metri 1,795                      | Metri Cubi 0,425                                  |
|                                                                               | » 6,00                                       | » 1,000                                               | » 2,154                          | » » 9,252                                         |
|                                                                               | » 9,00                                       | » 1,500                                               | » 3,231                          | » » 20,817                                        |
|                                                                               | » 12,00                                      | » 2,000                                               | » 4,308                          | » » 37,008                                        |
|                                                                               | » 15,00                                      | » 2,500                                               | » 5,385                          | » » 57,825                                        |

OSSERVAZIONE. — Comunque si desuma da questa tavola che al diminuirsi del rapporto della grossezza del maschio o nucleo del muro alla sua altezza, diminuisce del pari il volume medio del muro, aumentando al tempo stesso la sporgenza dei contrafforti, pure la diminuzione dello stesso rapporto, o in altri termini la diminuzione della grossezza del muro non può mai, per la stabilità del muro medesimo, esser minore del  $\frac{1}{6}$  dell'altezza dello stesso muro.

del metro cubo del masso formato dai contrafforti, dalle volte, e dalle terre che gravitano sulle stesse volte.

| Rapporto della grossezza del nucleo del muro all'altezza | Scarpa della parte estera | ALTEZZA del MURO | GROSSEZZA corrispondente AL MASCHIO DEL MURO | SPORGENZA del CONTRAFFORTI | VOLUME MEDIO DEL MURO per METRO CORRENTE |
|----------------------------------------------------------|---------------------------|------------------|----------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------------|
| 1/5                                                      | 0                         | Metri 5,00       | Metri 1,00                                   | Metri 0,90                 | Metri Cubi 7,070                         |
|                                                          |                           | » 6,00           | » 1,20                                       | » 0,96                     | » » 9,680                                |
|                                                          |                           | » 9,00           | » 1,80                                       | » 1,27                     | » » 21,110                               |
|                                                          |                           | » 12,00          | » 2,40                                       | » 1,60                     | » » 37,830                               |
|                                                          |                           | » 15,00          | » 3,00                                       | » 1,93                     | » » 58,370                               |
| 1/10                                                     | 1/10                      | Metri 5,00       | Metri 0,50                                   | Metri 0,93                 | Metri Cubi 5,890                         |
|                                                          |                           | » 6,00           | » 0,60                                       | » 1,02                     | » » 8,030                                |
|                                                          |                           | » 9,00           | » 0,90                                       | » 1,34                     | » » 17,330                               |
|                                                          |                           | » 12,00          | » 1,20                                       | » 1,63                     | » » 31,070                               |
|                                                          |                           | » 15,00          | » 1,50                                       | » 2,02                     | » » 47,740                               |

OSSERVAZIONE. — Da questa tavola si rileva che sono vantaggiosissimi, e per la stabilità del muro, e per l'economia della muratura, i muri con scarpa esterna dell'1/10, con grossezza del nucleo del muro dello stesso 1/10 dell'altezza, e contrafforti interni e volte di scarico.

**Tavola XI.** — Grossezza e volume per metro corrente dei muri a profilo curvo, essendo a l'altezza delle terre e del muro.

| ANGOLO                        | GROSSEZZA DEL MURO | VOLUME DEL MURO PER METRO CORRENTE |
|-------------------------------|--------------------|------------------------------------|
| 20°                           | $x = 0,186. a$     | Metri Cubi 0,1959. a <sup>3</sup>  |
| 30°                           | » 0,150. a         | » » 0,1635. a <sup>3</sup>         |
| Scarpa dell'1/10 dell'altezza | » 0,230. a         | » » 0,2370. a <sup>3</sup>         |

OSSERVAZIONE. — I muri a profilo curvo presentando la maggiore economia della muratura, dovrebbero preferirsi a qualunque altra forma, se al tempo stesso non obbligassero a maggiori cure nella costruzione, e richiedessero tanta mano d'opera, che spesso ne eleva siffattamente il prezzo di costo da farne perdere tutto il vantaggio della stessa economia.

**Tavola XII.** — *Confronto di 12 principali forme di muri di sostegno per riguardo all'economia della muratura, e al costo per ogni metro corr. sui prezzi di Parigi nell'anno 1865, in funzione dell'alt. a del muro.*

| An. d'ordine | INDICAZIONE DEL MURO                                                                                                                                                                 | ALTEZZA DEL MURO     |       |       |       |       |       | COSTO del muro per metro corrente |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------------|
|              |                                                                                                                                                                                      | A                    | 5 m.  | 6 m.  | 9 m.  | 12 m. | 15 m. |                                   |
|              |                                                                                                                                                                                      | m. c.                | m. c. | m. c. | m. c. | m. c. | m. c. |                                   |
| 1            | Muro senza scarpa, con contrafforti parallelepipedi esterni, distanti m. 4 da mezzo a mezzo, colla grossezza del nucleo del muro eguale all'1/6 dell'altezza.                        | 0,208.a <sup>2</sup> | 5,21  | 7,50  | 16,88 | 30,00 | 46,88 | 4,371.a <sup>2</sup>              |
| 2            | Muro con scarpa esterna di 1/10 con contrafforti interni distanti m. 5,50 da mezzo a mezzo, e con volte di scarico, e colla grossezza al ciglio del muro eguale a 1/10 dell'altezza. | 0,220.a <sup>2</sup> | 5,89  | 8,03  | 17,83 | 31,07 | 47,74 | 4,706.a <sup>2</sup>              |
| 3            | Muro con scarpa esterna di 1/10, con contraff. interni distanti m. 5,50 da mezzo a mezzo e sporgenti metri 1 e volte di scarico.                                                     | 0,231.a <sup>2</sup> | 5,90  | 8,04  | 18,26 | 33,84 | 52,98 | 4,858.a <sup>2</sup>              |
| 4            | Muro curvo, con la corda della curva esterna avente la scarpa dell'1/10 . . .                                                                                                        | 0,237.a <sup>2</sup> | 5,93  | 8,53  | 19,20 | 34,13 | 53,33 | 4,955.a <sup>2</sup>              |
| 5            | Muro pieno con scarpa esterna dell'1/10 . . .                                                                                                                                        | 0,256.a <sup>2</sup> | 6,39  | 9,20  | 20,70 | 36,79 | 57,49 | 5,112.a <sup>2</sup>              |
| 6            | Muro verticale con contraff. parallelepipedi interni distanti m. 4 da mezzo a mezzo e colla grossezza del muro dell'1/6 dell'altezza                                                 | 0,257.a <sup>2</sup> | 6,43  | 9,25  | 20,82 | 37,01 | 57,83 | 5,132.a <sup>2</sup>              |
| 7            | Muro verticale con contraff. interni distanti m. 4 da mezzo a mezzo, a base circolare, e colla gross. del muro del 1/6 dell'altezza                                                  | 0,262.a <sup>2</sup> | 6,55  | 9,43  | 21,85 | 37,74 | 58,73 | 5,253.a <sup>2</sup>              |
| 8            | Muro con scarpa esterna dell'1/10, con riseglie interne                                                                                                                              | 0,265.a <sup>2</sup> | 6,62  | 9,53  | 21,45 | 38,13 | 59,58 | 5,305.a <sup>2</sup>              |
| 9            | Muro verticale con contraff. interni distanti di m. 5,50 da mezzo a mezzo e con volte di scarico essendo la gross. del muro 1/6 dall'alt.                                            | 0,267.a <sup>2</sup> | 7,07  | 9,68  | 21,11 | 37,83 | 58,37 | 5,598.a <sup>2</sup>              |
| 10           | Muro verticale con contraff. interni distanti m. 5,50 da mezzo a mezzo con volte di scarico, e colla sporgenza dei contrafforti di m. 1.                                             | 0,275.a <sup>2</sup> | 6,95  | 9,66  | 21,96 | 40,07 | 63,03 | 5,713.a <sup>2</sup>              |
| 11           | Muro pieno con scarpa interna dell'1/10 . . .                                                                                                                                        | 0,299.a <sup>2</sup> | 7,47  | 10,75 | 24,19 | 43,00 | 67,19 | 5,938.a <sup>2</sup>              |
| 12           | Muro verticale. . .                                                                                                                                                                  | 0,300.a <sup>2</sup> | 7,50  | 10,80 | 24,30 | 43,20 | 67,50 | 5,970.a <sup>2</sup>              |

CONCLUSIONE. — Dalla Tavola XII, emerge chiaramente, che le differenti forme di muro pigliate a raffronto dall'ingegnere Foy sono, in ordine di numero, più economiche e nella muratura e nel costo per metro corrente, dal muro tipo verticale con grossezza eguale a 0,30 della sua altezza, e che per conseguenza a questo muro, vi si possono sostituire tutte le altre forme, le quali a stabilità eguale, permettono di economizzare da  $\frac{1}{3}$  a  $\frac{1}{4}$  della spesa necessaria alla sua costruzione.

848. METODO PRATICO DELL'INGEGNERE SCHEFFLER PER DETERMINARE LA GROSSEZZA AL CIGLIO DEI MURI DI SOSTEGNO A PARETI VERTICALI, O CON SCARPA ESTERNA. — Fra le bellissime istruzioni teoriche e pratiche pubblicate a vantaggio dell'arte del costruire, dal dottore ingegnere *Ermanno Scheffler* consigliere al Ministero dei lavori pubblici nel Ducato di *Brunswick*, trovo, nel suo bellissimo *Trattato sulla stabilità delle costruzioni* (1), un metodo pratico per determinare la grossezza al ciglio dei muri di sostegno a pareti verticali, con applicazione ai muri con scarpa esterna, che stimo prezzo dell'opera riportarlo qui per intero confortandomi anche a ciò fare l'esempio, avutone dal valentissimo ingegnere *Cantaluppi*, il quale lo riportò nella sua bellissima opera dal titolo *Trattato pratico d'Architettura stradale*.

E anzitutto, le quantità che trovansi nei problemi ai quali si riferisce il detto metodo, sono:

- $x$ , grossezza al ciglio del muro;
- $\alpha$ , angolo d'attrito delle terre che debbono essere sostenute, ed il cui valore è in media, e per le buone qualità dei terreni, di  $45^\circ$ . È sempre bene però poterlo determinare per ogni singolo e speciale caso, avendo riguardo alle particolari condizioni del terreno, come la stratificazione, l'abbondanza delle acque d'infiltrazione ecc.;
- $a$ , angolo della scarpa esteriore delle terre di sopracarico, ed il cui valore è sempre dato dalle condizioni del problema;
- $H$ , altezza del muro di sostegno;
- $h$ , altezza delle terre di sopracarico, e la quale unitamente a quella del muro è sempre data dal problema;

$\frac{v}{V}$ , rapporto dei pesi specifici della terra ( $v$ ) e del muro ( $V$ ), e che

d'ordinario si considera siccome espresso dalla frazione  $\frac{2}{3}$ ;

---

(1) *Traité de la Stabilité des Constructions* par M. le Doct. *Hermann Scheffler*, traduit de l'Allemand, et annoté par M. *Victor Fournis*. Première partie — Paris, Dunod éditeur.

$\vartheta'$ , angolo d'attrito delle terre colla muratura, e il quale comunemente si considera eguale a  $30^\circ$ , oppure si fa  $\text{tang. } \vartheta' = 0,70$ . Se si ha l'avvertenza di non caricare posteriormente il muro colle terre, fino a che la malta non abbia cominciato a far presa, il valore suggerito per l'angolo  $\vartheta'$ , assicura ogni maggiore stabilità. Gli angoli di  $26^\circ$ ,  $34'$ ,  $36^\circ$ ,  $41'$ , e  $45^\circ$  sono pure molto adottati, e corrispondono alle scarpe colla base doppia dell'altezza; con uno e mezzo di base per uno di altezza; e con uno di base per uno d'altezza;

$k$ , infine, coefficiente di stabilità, ossia a dire quel fattore per cui è d'uopo moltiplicare la spinta reale nella calcolazione della grossezza, affine d'ovviare a qualsiasi evento. Il suo valore desunto dalle opere consimili le più stabili, si ritiene eguale a 2 quando il terrapieno ha sopracarico, e non soffre che delle deboli scosse; si fa invece eguale a 3 quando non si ha alcun sopracarico, o un sopracarico insignificante; ma i muri servano al sostegno di terrapieni ove siano stabilite delle vie ferrate.

A determinare ora la grossezza  $x$  d'un muro di sostegno a pareti verticali, l'ingegnere *Scheffler* calcolò le due seguenti tavole con valori limitati alle quantità  $\frac{v}{V}$ ,  $\vartheta$ , e  $k$ ; la prima per ovviare al moto di scorrimento del muro sulle sue fondazioni, la seconda per ovviare al moto di rovesciamento sullo spigolo esteriore. Da esse poi, la grossezza  $x$  del muro si desume in funzione dell'altezza  $H$  dello stesso muro.

Dei due valori poi che si ritraggono dell' $x$ , si adotta il maggiore.

Determinata la grossezza al ciglio, si ha quella della base, o nella stessa grossezza per i muri a pareti verticali, o nella somma della trovata grossezza e del piede assegnato alla scarpa.

Ecco ora le due tavole.

**Tavola I.** — *Grossezza x del muro per oviare allo scorrimento*

essendo  $K = 2$ ;  $\frac{v}{V} = \frac{2}{3}$ ;  $\text{tang. } \vartheta = 0,70$ .

| $\vartheta$ | $\alpha$ | $\frac{h}{H}$ | $\frac{x}{H}$ | $\vartheta$ | $\alpha$  | $\frac{h}{H}$ | $\frac{x}{H}$ | $\vartheta$ | $\alpha$  | $\frac{h}{H}$ | $\frac{x}{H}$ |
|-------------|----------|---------------|---------------|-------------|-----------|---------------|---------------|-------------|-----------|---------------|---------------|
| 0           | 0        | 0             | 0,95          | 30°         | 20°       | 0,358         |               | 40°         | 40°       | 0,5           | 0,14          |
| 15°         | 0        | 0             | 0,39          |             |           | all'∞         | 0,26          |             |           | 1,0           | 0,22          |
|             | 5°       | 0,083         |               |             | 26° + 34' | 0,25          | 0,23          |             |           | 1,972         |               |
|             |          | all'∞         | 0,46          |             |           | 0,5           | 0,32          |             |           | all'∞         | 0,39          |
|             | 10°      | 0,1           | 0,47          |             |           | 0,053         |               | 45°         | 0         | 0             | 0,04          |
|             |          | 0,2           |               |             |           | all'∞         | 0,37          |             |           | 0,2           | 0,05          |
|             |          | all'∞         | 0,56          |             | 30°       | 0,25          | 0,23          |             | 26° + 34' | 0,334         |               |
|             | 15°      | 0,25          | 0,60          |             |           | 0,5           | 0,32          |             |           | all'∞         | 0,07          |
|             |          | 0,361         |               |             |           | 1,0           | 0,51          |             | 33° + 41' | 0,594         | 0,06          |
|             |          | all'∞         | 0,90          |             |           | 1,329         |               |             |           | all'∞         | 0,09          |
| 20°         | 0        | 0             | 0,29          |             |           | all'∞         | 0,66          |             |           | all'∞         | 0,06          |
|             | 5°       | 0,075         |               | 35°         | 0         | 0             | 0,10          |             | 45°       | 0,25          | 0,06          |
|             |          | all'∞         | 0,33          |             | 30° + 34' | 0,25          | 0,16          |             |           | 0,5           | 0,08          |
|             | 10°      | 0,1           | 0,35          |             |           | 0,514         |               |             |           | 1,0           | 0,13          |
|             |          | 0,172         |               |             |           | all'∞         | 0,22          |             |           | 2,333         |               |
|             |          | all'∞         | 0,39          |             | 33° + 41' | 0,25          | 0,16          |             |           | all'∞         | 0,26          |
|             | 20°      | 0,25          | 0,44          |             |           | 0,5           | 0,22          | 50°         | 0         | 0             | 0,02          |
|             |          | 0,5           | 0,62          |             |           | 1,057         |               |             | 26° + 34' | 0,15          | 0,02          |
|             |          | 0,795         |               |             |           | all'∞         | 0,35          |             |           | 0,343         |               |
|             |          | all'∞         | 0,85          |             | 35°       | 0,25          | 0,16          |             |           | all'∞         | 0,03          |
| 25°         | 0        | 0             | 0,21          |             |           | 0,50          | 0,22          |             | 33° + 41' | 0,25          | 0,03          |
|             | 5°       | 0,069         |               |             |           | 1,0           | 0,34          |             |           | 0,508         |               |
|             |          | all'∞         | 0,24          |             |           | 1,639         |               |             |           | all'∞         | 0,04          |
|             | 15°      | 0,1           | 0,25          |             |           | all'∞         | 0,53          |             | 45°       | 0,25          | 0,03          |
|             |          | 0,264         |               | 40°         | 0         | 0             | 0,07          |             |           | 0,50          | 0,04          |
|             |          | all'∞         | 0,33          |             | 26° + 34' | 0,20          | 0,09          |             |           | 1,073         | 0,06          |
|             | 25°      | 0,25          | 0,32          |             |           | 0,438         |               |             |           | all'∞         |               |
|             |          | 0,50          | 0,43          |             |           | all'∞         | 0,13          |             | 50°       | 0,25          | 0,03          |
|             |          | 1,063         |               |             | 33° + 41' | 0,25          | 0,10          |             |           | 0,5           | 0,04          |
|             |          | all'∞         | 0,77          |             |           | 0,5           | 0,14          |             |           | 1,0           | 0,06          |
| 30°         | 0        | 0             | 0,15          |             |           | 0,729         |               |             |           | 2,0           | 0,10          |
|             | 10°      | 0,139         |               |             |           | all'∞         | 0,18          |             |           | 2,731         |               |
|             |          | all'∞         | 0,19          |             | 40°       | 0,25          | 0,10          |             |           | all'∞         | 0,13          |
|             | 20°      | 0,1           | 0,18          |             |           |               |               |             |           |               |               |

**Tavola II. — Grossezza  $x$  del muro per ovviare al rovesciamento**

essendo  $K = 2$ ;  $\frac{v}{V} = \frac{2}{3}$ .

|         | $\alpha$ | $\frac{h}{H}$ | $\frac{x}{H}$ |     | $\alpha$ | $\frac{h}{H}$ | $\frac{x}{H}$ |     | $\alpha$ | $\frac{h}{H}$ | $\frac{x}{H}$ |
|---------|----------|---------------|---------------|-----|----------|---------------|---------------|-----|----------|---------------|---------------|
| 0       | 0        | 0             | 0,73          | 35° | 0        | 0             | 0,25          | 50° | 45°      | 0,25          | 0,22          |
|         | 15"      | 0             | 0,44          |     | 26°+34'  | 0,25          | 0,32          |     |          | 0,5           | 0,26          |
|         | 5"       | 0,083         |               |     |          | 0,514         |               |     |          | 1,073         |               |
|         |          | all'∞         | 0,52          |     |          | all'∞         | 0,38          |     |          | all'∞         | 0,30          |
|         | 10"      | 0,1           | 0,54          |     | 33°+41'  | 0,25          | 0,33          |     | 50°      | 0,25          | 0,22          |
| 20°     |          | 0,2           |               |     |          | 0,5           | 0,39          |     |          | 0,5           | 0,27          |
|         |          | all'∞         | 0,58          |     |          | 1,057         | 0,46          |     |          | 1,0           | 0,31          |
|         | 15"      | 0,25          | 0,61          |     |          | all'∞         |               |     |          | 2,0           | 0,36          |
|         |          | 0,561         |               | 35° |          | 0,25          | 0,34          |     |          | 2,731         |               |
|         |          | all'∞         | 0,71          |     |          | 0,5           | 0,39          |     |          | all'∞         | 0,38          |
| 20°     | 0        | 0             | 0,38          |     |          | 1,0           | 0,46          | 55° | 0        | 0             | 0,14          |
|         | 5"       | 0,075         |               |     |          | 1,639         |               |     | 23°+34'  | 0,15          | 0,17          |
|         |          | all'∞         | 0,43          |     |          | all'∞         | 0,52          |     |          | 0,310         |               |
|         | 10"      | 0,1           | 0,45          | 40° | 0        | 0             | 0,22          |     |          | all'∞         | 0,18          |
|         |          | 0,172         |               |     | 26°+34'  | 0,20          | 0,27          |     | 33°+41'  | 0,20          | 0,18          |
| 25°     |          | all'∞         | 0,48          |     |          | 0,438         |               |     |          | 0,447         |               |
|         | 20"      | 0,25          | 0,52          |     |          | all'∞         | 0,30          |     |          | all'∞         | 0,20          |
|         |          | 0,5           | 0,60          |     | 33°+41'  | 0,25          | 0,29          |     | 45°      | 0,25          | 0,19          |
|         |          | 0,795         |               |     |          | 0,5           | 0,32          |     |          | 0,5           | 0,22          |
|         |          | all'∞         | 0,66          |     |          | 0,729         |               |     |          | 0,830         |               |
| 25°     | 0        | 0             | 0,33          |     |          | all'∞         | 0,35          |     |          | all'∞         | 0,24          |
|         | 5"       | 0,069         |               | 40° |          | 0,25          | 0,29          |     | 55°      | 0,25          | 0,19          |
|         |          | all'∞         | 0,36          |     |          | 0,5           | 0,33          |     |          | 0,5           | 0,24          |
|         | 15"      | 0,1           | 0,39          |     |          | 1,0           | 0,40          |     |          | 1,0           | 0,27          |
|         |          | 0,264         |               |     |          | 1,972         |               |     |          | 2,0           | 0,31          |
| 30°     |          | all'∞         | 0,44          |     |          | all'∞         | 0,47          |     |          | 3,177         |               |
|         | 25"      | 0,25          | 0,45          | 45° | 0        | 0             | 0,19          |     |          | all'∞         | 0,34          |
|         |          | 0,5           | 0,52          |     | 26°+34'  | 0,20          | 0,24          | 60° | 0        | 0             | 0,12          |
|         |          | 1,063         |               |     |          | 0,384         |               |     | 26°+34'  | 0,15          | 0,14          |
|         |          | all'∞         | 0,62          |     |          | all'∞         | 0,26          |     |          | 0,280         |               |
| 30°     | 0        | 0             | 0,29          |     | 33°+41'  | 0,25          | 0,25          |     |          | all'∞         | 0,15          |
|         | 10"      | 0,139         |               |     |          | 0,594         | 0,29          |     | 33°+41'  | 0,20          | 0,15          |
|         |          | all'∞         | 0,33          |     |          | all'∞         |               |     |          | 0,396         |               |
|         | 20"      | 0,1           | 0,33          |     | 45°      | 0,25          | 0,26          |     |          | all'∞         | 0,17          |
|         |          | 0,358         |               |     |          | 0,5           | 0,30          |     | 45°      | 0,25          | 0,16          |
| 26°+34' |          | all'∞         | 0,49          |     |          | 1,0           | 0,40          |     |          | 0,687         | 0,19          |
|         |          | 0,25          | 0,39          |     |          | 2,333         |               |     |          | all'∞         |               |
|         |          | 0,5           | 0,44          |     |          | all'∞         | 0,43          |     | 60°      | 0,25          | 0,16          |
|         |          | 0,653         |               | 50° | 0        | 0             | 0,16          |     |          | 0,5           | 0,20          |
|         |          | all'∞         | 0,47          |     | 26°+34'  | 0,15          | 0,20          |     |          | 1,0           | 0,24          |
| 30°     |          | 0,25          | 0,40          |     |          | 0,343         |               |     |          | 2,0           | 0,28          |
|         |          | 0,5           | 0,45          |     |          | all'∞         | 0,22          |     |          | 3,0           | 0,30          |
|         |          | 1,0           | 0,53          |     | 33°+41'  | 0,25          | 0,22          |     |          | 3,686         |               |
|         |          | 1,329         |               |     |          | 0,508         |               |     |          | all'∞         | 0,31          |
|         |          | all'∞         | 0,57          |     |          | all'∞         | 0,24          |     |          |               |               |

ESEMPI D'APPLICAZIONE DI QUESTE TAVOLE — 1° « Si ha un terrapieno pieno alto metri 6, disposto colla scarpa esteriore in un angolo coll'orizzontale di 33°, 41', lo che corrisponde, come già dissi, ad una scarpa di  $1\frac{1}{2}$  di base per 1 d'altezza, da rivestire con un muro di sostegno fino all'altezza di m. 4. Si chiede quale grossezza dovrà avere questo muro, sapendo che l'angolo d'attrito delle terre è di 40°, che il rapporto fra i due pesi specifici delle terre e della muratura è  $\frac{2}{3}$  e che il coefficiente di stabilità  $k$  si assume eguale a 2.

SOLUZIONE. — I dati del problema sono:

$$\varphi = 40^\circ; \alpha = 33^\circ + 41'; h = \text{m. } 6 - \text{m. } 4 = \text{m. } 2; H = \text{m. } 4$$

$$\frac{h}{H} = \text{m. } 0,50; \frac{\nu}{V} = \frac{2}{3}; k = 2.$$

A determinare ora la richiesta grossezza, è d'uopo trovare nelle due tavole, e nella finca dell'angolo  $\varphi$  l'angolo di 40°, e corrispondentemente nella finca dell'angolo  $\alpha$ , l'angolo di 33° + 41'; pigliare quindi nella finca segnata  $\frac{x}{H}$ , la frazione che corrisponde al valore del rapporto  $\frac{h}{H}$ , e che nel presente caso è 0,50, e moltiplicare quindi la stessa frazione per il valore dell'altezza  $H$ .

Adunque la grossezza del muro per ovviare allo scorrimento, come ne lo offre la tavola 1ª, è data da

$$x = 0,14 \times 4^m = \text{m. } 0,56,$$

e per ovviare al rovesciamento come ne lo offre la tavola 2ª, è data da

$$x = 0,32 \times 4^m = \text{m. } 1,28.$$

Di queste due grossezze però si adotterà la maggiore, ossia

$$\text{m. } 1,28.$$

2° « Quale grossezza competerebbe allo stesso muro, se si volesse rivestire il terrapieno con un muro, per tutta la sua altezza?

SOLUZIONE. — I dati del problema sarebbero:

$$\varphi = 40^\circ; \alpha = 0; h = 0; H = \text{m. } 6; \frac{h}{H} = 0$$

Ora per la tavola 1ª si avrebbe

$$x = 0,07 \times \text{m. } 6 = \text{m. } 0,42,$$



per la tavola 2<sup>a</sup>

$$x = 0,22 \times 6^m = m. 1,32,$$

per cui la grossezza del muro sarebbe di m. 1,32.

OSSERVAZIONE. — Quando i dati del problema non si riscontrassero nelle tavole, sarebbe d'uopo o di pigliare i valori più prossimi che ai dati del problema trovansi nelle tavole, o eseguire un semplice calcolo d'interpolazione, come dimostra il seguente esempio:

3<sup>o</sup> « Per la costruzione d'una strada si vuol ritagliare il fianco di » una vallata, inclinato all'orizzonte con un angolo di  $14^\circ$ , e sostenere » il taglio con un muro alto m. 2,50. Si chiede quale grossezza compe- » terà al muro, essendo di  $30^\circ$  l'angolo d'attrito delle terre,  $\frac{2}{3}$  il » rapporto fra i pesi specifici della terra e della muratura, e 2 il » coefficiente  $k$  di stabilità.

SOLUZIONE. — I dati del problema sono:

$$\varphi = 30^\circ; a = 14^\circ; h = \infty; H = m. 2,50; \frac{h}{H} = \infty.$$

Ora il valore di  $\varphi$  si trova nelle tavole, ma non vi si trova il valore dell'angolo  $a$ . Si ha però in entrambe  $a = 10^\circ$ ;  $a = 20^\circ$ . Nella tavola 1<sup>a</sup> per  $\varphi = 30^\circ; a = 10^\circ$ ,  $\frac{h}{H} = \infty$ , si ha la frazione dell'altezza che ne indica la grossezza espressa da 0,19; mentre nella stessa tavola, e per  $a = 20^\circ$  si ha la frazione medesima espressa da 0,26.

Adunque per una differenza angolare di  $10^\circ$ , si ha una variazione di 0,07 nel valore della frazione che ne esprime la grossezza del muro in funzione dell'altezza; e conseguentemente per una differenza angolare di  $4^\circ$  si avrà una variazione di

$$\frac{4}{10} \times 0,07 = 0,028 \text{ nella frazione corrispondente.}$$

La frazione quindi dell'altezza che corrisponde all'angolo  $a = 14^\circ$  essendo

$$\varphi = 30^\circ, \frac{h}{H} = \infty,$$

sarà

$$0,19 + 0,028 = 0,218.$$

La grossezza quindi del muro per ovviare al moto progressivo è data da

$$x = 0,218 \times 2^m,50 = m. 0,545.$$

Facendo l'analogo calcolo d'interpolazione per la *Tavola* II<sup>a</sup>, si trova anche in essa che la variazione nella nota frazione per una differenza angolare di 10°, è di 0,07, avendosi per  $\alpha = 10^\circ$ , la frazione 0,33; e per  $\alpha = 20^\circ$  la frazione 0,40.

Adunque per una differenza angolare di 4°, si avrà anche nella *Tavola* II<sup>a</sup>, e per la nota frazione, una variazione di  $\frac{4}{10} \times 0,07 = 0,028$ .

La frazione quindi dell'altezza che nella *Tavola* II<sup>a</sup> corrisponderà all'angolo  $\alpha = 14^\circ$  sarà la somma delle due frazioni  $0,33 + 0,028 = 0,358$ .

La grossezza adunque del muro per ovviare al moto rotatorio sarà data da

$$x = 0,358 \times 2^m,50 = m. 0,895,$$

la quale si adotterà come la grossezza unica del muro.

4° « Si ha un rinterro stradale di m. 4 d'altezza, e con una scarpa »  
» esteriore di 1 e 1/2 di base per 1 d'altezza. Quale grossezza conver-  
» rebbe dare ad un muro che dovesse sostenerlo fino a 3 metri d'al-  
» tezza, essendo di 42° l'angolo d'attrito delle terre, e pigliando il 2 a  
» coefficiente di stabilità? »

SOLUZIONE. — I dati del problema sono :

$$\alpha = 42^\circ; a = 33^\circ, 41'; h = m. 4 - m. 3 = m. 1; H = m. 3; \frac{h}{H} = 0,333.$$

Per la soluzione di questo problema mancano nelle *Tavole*, l'angolo  $\alpha = 42^\circ$ , e il rapporto  $\frac{h}{H} = 0,333$ .

Si piglierà però per  $\alpha$ , l'angolo di 40° in entrambe le *Tavole*, e per  $\frac{h}{H} = 0,333$ , siccome cade in tutte e due fra 0,25 e 0,50, così si piglierà la media delle due frazioni 0,10 e 0,14 corrispondenti ai rapporti  $\frac{h}{H} = 0,25$ , e  $\frac{h}{H} = 0,50$  nella *Tavola* I<sup>a</sup>, e delle due frazioni 0,29, 0,32 corrispondenti agli stessi rapporti nella *Tavola* II<sup>a</sup>.

Adunque le frazioni dell'altezza che ne esprimono la grossezza del muro per ovviare ai due moti progressivo e rotatorio sono le seguenti

$$0,12 \text{ e } 0,305.$$

La grossezza del muro sarà quindi

$$x = 0,12 \times 3^n = \text{m. } 0,36 \text{ per ovviare al moto progressivo;}$$

$$x = 0,305 \times 3^m = \text{m. } 0,915 \text{ per ovviare al moto rotatorio.}$$

APPLICAZIONE DEL METODO DELLO SCHEFFLER ALLA DETERMINAZIONE DELLA GROSSEZZA MEDIA DEI MURI DI SOSTEGNO CON SCARPA ESTERNA. — Per determinare la grossezza al ciglio d'un muro con scarpa esterna, si calcola la grossezza dello stesso muro a mezzo delle due *Tavole*, come se il muro dovesse riuscire verticale, quindi si riduce nel seguente modo.

Detta  $\frac{1}{m}$  l'espressione della scarpa, cioè a dire la scarpa che corrisponde ad 1 metro d'altezza, dal valore trovato di  $x$  si sottrae la quantità  $0,36 \times \frac{1}{m} \times H$

ESEMPIO. — Quale grossezza media dovrà avervi il muro dell'esempio n. 2, ove si volesse con una scarpa esterna del  $\frac{1}{12}$ ? La grossezza del muro verticale era data da m. 1,32.

La grossezza media sarà dunque data da

$$\text{m. } 1,32 - \left( 0,36 \times \frac{1}{12} \times 6 \right) = \text{m. } 1,14$$

Essendo ora di m. 0,50 il piede della scarpa, aggiungendone e sottraendone la metà ossia 0,25 alla grossezza media trovata, si avrà la grossezza alla base del muro espressa da

$$\text{m. } 1,14 + 0^m,25 = \text{m. } 1,39,$$

e la grossezza al ciglio del muro espressa da

$$\text{m. } 1,14 - \text{m. } 0,25 = \text{m. } 0,89.$$

METODO PRATICO DELLO STESSO INGEGNERE SCHEFFLER PER DETERMINARE LA GROSSEZZA  $x$  D'UN MURO DI SOSTEGNO, QUANDO NÈ IL RAPPORTO DEI PESI SPECIFICI DELLA TERRA E DELLA MURATURA È EGUALE A 2/3, NÈ IL COEFFICIENTE DI STABILITÀ  $K$  È LIMITATO NEI VALORI 2 E 3 ORA CONSIDERATI. — Per somiglianti casi, dicendo  $D$  il nuovo rapporto offerto dai due pesi specifici,  $K'$  il nuovo coefficiente di stabilità, ed  $x'$  la grossezza richiesta del muro, essa è data in funzione della grossezza  $x$  determinata colle condizioni richieste

nei valori di  $\frac{v}{V}$  e di  $K$  per l'applicazione delle *Tavole* 1<sup>a</sup> e 11<sup>a</sup>, colle espressioni.

$$x' = 3\frac{1}{4} x. D K'$$

per ovviare al moto progressivo, ed

$$x' = x \sqrt{\frac{3 D K'}{4}}$$

per ovviare al moto rotatorio.

La seguente *Tavola* 11<sup>a</sup> contiene alcuni risultati di queste due espressioni.

| VALORI<br>DI |      | GROSSEZZA $x'$<br>CORRISPONDENTE PER IL MOTO |            |
|--------------|------|----------------------------------------------|------------|
| D            | K'   | progressivo                                  | rotatorio  |
| 2/3          | 2    | 1,000. $x$                                   | 1,000. $x$ |
| 2/3          | 2,50 | 1,250. $x$                                   | 1,118. $x$ |
| 2/3          | 3    | 1,500. $x$                                   | 1,225. $x$ |
| 3/4          | 2    | 1,125. $x$                                   | 1,061. $x$ |
| 3/4          | 2,50 | 1,406. $x$                                   | 1,186. $x$ |
| 3/4          | 3    | 1,688. $x$                                   | 1,299. $x$ |

ESEMPIO D' APPLICAZIONE. — « Si ha una strada in rialzo, alta m. 14,50, » colla scarpa a 45° e la quale si vuol sostenere con un muro alto » m. 12, e colla scarpa esterna del  $\frac{1}{24}$ , essendo di 57° l'angolo d'attrito » delle terre, come risultò da apposita esperienza istituita, di  $3\frac{1}{4}$  il rap- » porto dei pesi specifici delle terre e della muratura, e giudicando » essere necessario fare eguale a 3 il coefficiente di stabilità.

SOLUZIONE. — Trascurando la scarpa del muro, e i nuovi valori di  $\frac{v}{V}$  e di  $K$ , si determini il valore di  $x$  col mezzo della *Tavola* 11<sup>a</sup> già veduta, siccome da essa si ricava il maggior valore della grossezza  $x$  che competerà al muro.

Ora, e per la stessa *Tavola* 11<sup>a</sup> la grossezza è data da

$$x = 0,18 \times 12^m = m. 2,16.$$

Modificando questa grossezza per la scarpa del  $1/24$  che si vuol dare al muro si avrà per grossezza media del muro,

$$m. 2,16 - \left( 0,36 \times \frac{1}{24} \times 12 \right) = m. 1,98.$$

Considerando ora i nuovi valori di  $\frac{v}{V}$  e di  $K$ , e osservando che per i valori ammessi di  $\frac{v}{V} = \frac{3}{4}$ , e di  $K = 3$ , la *Tavola III<sup>a</sup>* offre la modificazione della grossezza  $x$ , e per il moto rotatorio, coll'espressione  $x' = 1,299 x$ , il valore richiesto di  $x'$  sarà dato da

$$x' = m. 1,98 \times 1,299 = m. 2,57.$$

OSSERVAZIONE. — Comunque i metodi dello *Scheffler* ora esposti si applichino particolarmente al caso in cui le terre di sopracarico ricoprono totalmente il ciglio del muro, pure essi si applicano anche nel caso contrario che il ciglio stesso cioè sia libero, sulla considerazione che per causa delle piogge o di qualsiasi altro evento, non è improbabile che il ciglio medesimo possa in breve tempo ricoprirsi delle terre che il muro sostiene.

849. METODO GRAFICO DEL RONDELET PER DETERMINARE LA GROSSEZZA DEI MURI DI SOSTEGNO, A FACCIE VERTICALI, CON SCARPA ESTERNA, O CON CONTRAFFORTI. — Fra i metodi teorici, e le tavole pratiche offerte dal *Rondelet* nella sua pregiata opera sull'arte di edificare, per determinare la grossezza dei muri di sostegno, preferisco riportare i suoi metodi grafici per determinare la grossezza medesima, non senza però avvertire il lettore, che l'unico pregio di questi metodi, è la facilità con cui per essi si determina la suindicata grossezza, la quale, è bene anche notare, riesce alquanto abbondante. Per cui se favorisce con buon vantaggio la stabilità dell'opera, non conduce però alla buona economia nella muratura. — Ecco ora i metodi del *Rondelet*.

1° DETERMINARE LA GROSSEZZA D'UN MURO DI SOSTEGNO A FACCIE VERTICALI. — Si costruisce un triangolo rettangolo aventi per cateti, l'orizzontale, e l'altezza delle terre da sostenersi, e per ipotennusa la scarpa naturale delle terre. La sesta parte di questa ipotennusa, contata sull'orizzontale prolungata oltre l'ipotennusa medesima, darà la grossezza del muro a faccie verticali.

2° DETERMINARE LA GROSSEZZA AL CIGLIO D'UN MURO DI SOSTEGNO CON SCARPA ESTERNA DEL  $1/6$  O DELL' $1/8$  DELL'ALTEZZA. — Nel primo

caso, costruito il sopradetto triangolo rettangolo, la grossezza al ciglio del muro, sarà data dalla nona parte dell'ipotennusa, contata sempre sul prolungamento dell'orizzontale che ha servito di base del triangolo. —

Nel secondo caso, la grossezza al ciglio, è data dall'  $\frac{1}{8}$  della stessa ipotennusa contata sempre però sul prolungamento dell'orizzontale base.

3° DETERMINARE LA GROSSEZZA DEL NUCLEO D'UN MURO CHE VOGLIASI RINFORZARE CON CONTRAFFORTI AVENTI LO STESSO SPESSORE DEL NUCLEO, E DISTANTI PER CIRCA 6 METRI DA MEZZO A MEZZO. — Si costruisca sempre il sopradetto triangolo, e la decima parte della sua ipotennusa, o inclinazione delle terre, contate sul prolungamento dell'orizzontale, darà la richiesta grossezza.

850. GROSSEZZA A DARE AI MURI DI SOSTEGNO FATTI CON PIETRAMA A SECCO. — Utilissimi questi muri nelle strade particolarmente di montagna, e se costruiti con pietrame di mediocri dimensioni, debbono sempre avere e per maggior stabilità, una scarpa esterna variabile fra il  $\frac{1}{5}$  e il

$\frac{1}{4}$  dell'altezza del muro, la quale però non può superare i 9 metri, senza rendere incertissima la stabilità stessa del muro. Ove l'altezza del muro superasse questo limite, od ove anche il pietrame da adoperarsi, comunque non sia superato il limite fissato d'altezza, fosse di piccole dimensioni, consigliasi di assicurare la stabilità del muro, nel primo caso, interpolando strati orizzontali di muratura in calce, nel secondo caso costruendo in calce la parte esterna del muro, e per una grossezza dai 25 ai 30 centimetri.

La grossezza infine dei muri a secco, alcuni vogliono limitarla a m. 0,50 al ciglio e fino a che l'altezza non superi i 9 metri; altri vogliono determinarla, aggiungendo alla grossezza che competerebbe al muro ove fosse costruito in calce, il  $\frac{1}{4}$  della stessa grossezza.

### CAPITOLO III.

#### **Equilibrio delle volte. — Dimensioni di esse, e spessore dei piedritti che le sostengono.**

851. CONSIDERAZIONI GENERALI. — Al capitolo IV del Libro Primo, studiai le volte in ordine alla loro forma e alla loro costruzione, ossia all'apparecchio di esse. Qui invece mi propongo di studiare le volte sotto

il rapporto della loro stabilità, della spinta che per esse sopportano i piedritti che le sostengono, e delle dimensioni di esse e degli stessi piedritti.

E anzitutto il primo fatto che pare abbia dato origine alle volte, è la copertura delle camere sepolcrali degli egiziani, costruita con due pietre che appoggiandosi sui muri che limitavano lateralmente le camere, si incontravano ad angolo più o meno acuto nel mezzo dello spazio racchiuso, come mostra la fig. 195<sup>a</sup>. Dalle due, si passò alle tre pietre disposte per modo, come mostra la fig. 196<sup>a</sup>, da formare angoli eguali, e da equilibrare, o meglio sostenere inclinate, col mezzo del peso della pietra mediana CB, le due pietre laterali AC e BD, affine di comporre un insieme tale che le parti si sostenessero reciprocamente.

È facile lo intendere quindi come da siffatte coperture si passasse alle volte di curva semicircolare, dette a tutto sesto, e di uniforme grossezza, e da questa alle altre svariate forme di volte oggi conosciute.

Gli antichi però, e lo conferma lo stesso *Vitruvio* col silenzio serbato da lui nella sua opera, sulle leggi della meccanica in applicazione all'equilibrio e alla stabilità delle volte, mentre ne ha riferito tutte quante le cognizioni che a suo tempo si stimavano necessarie al costruttore, procedevano nella costruzione delle volte senza teoria di sorta, e solo guidati dall'esperienza, dallo spirito d'imitazione, e, se pur vuolsi, da una meccanica naturale come dice il *Rondelet*.

I primi fra i moderni ad applicare le leggi della meccanica all'equilibrio e alla stabilità delle volte furono *Parent* e *De-Lahir* intorno al 1695. E quantunque, dalle loro applicazioni non siansene dedotte immediatamente le leggi in oggi conosciute, pure, e dalle considerazioni che essi fecero intorno all'argomento, e da quelle che vi fecero posteriormente *Coulomb* e vari altri, le leggi medesime si poterono determinare di poi tanto esattamente, che all'empirismo degli antichi, è subentrata in oggi, e per le grosse volte a botte particolarmente, la più razionale teoria.

852. EFFETTO CHE PRODUCE LA DISPOSIZIONE DEI CUNEI D'UNA VOLTÀ, SUI PIEDRITTI CHE SOSTENGONO LA VOLTÀ MEDESIMA. — Dissi già che le tre pietre AC, CB, BD, che nella loro disposizione, fig. 196<sup>a</sup>, hanno dato la prima idea delle volte semicircolari, si sostenevano siffattamente per modo da formare un tutto perfettamente equilibrato. Siffatto equilibrio però non ha luogo senza un'adequata resistenza dei piedritti AE e DF, sui quali cadono gli sforzi che le stesse pietre AC, CB, BD fanno per obbedire al proprio peso, e i quali sforzi si riducono a spinte orizzontali, e a pressioni verticali.

Difatti, la pietra, o chiave, o cuneo di mezzo di questa volta embrionale, per obbedire al proprio peso, tende a cadere per la verticale con-

dotta dal suo centro di gravità  $G$ , e spinge le due pietre laterali che la sostengono, producendo così lo stesso effetto d'un cuneo conficcato per entro un corpo, e contro il quale esercita i suoi sforzi seguendo le direzioni delle perpendicolari  $GS$ ,  $GS'$  ai due piani inclinati  $Cc$ ,  $Bb$ . Ora tanto più grandi saranno gli angoli  $SGP$ ,  $S'GP$  e tanto maggiori debbono essere le reazioni delle pietre adiacenti  $AC$  e  $BD$  per sostenere la pietra di mezzo  $CB$ . Che se questi angoli fossero retti, o, lo che torna lo stesso, se le direzioni  $Cc$ ,  $Bb$  delle faccie di congiunzione delle due pietre laterali fossero verticali, occorrerebbe che le pietre stesse svolgessero una reazione infinita, per sostenere e impedire di cadere la pietra di mezzo  $CB$ .

Quanto si disse per la pietra di mezzo può pure applicarsi alle pietre laterali. Però, e sebbene ciascuna di queste pietre tenda a spingere e ad allontanare il vicino piedritto, pure esse non agiscono con tanta forza sulla corrispondente faccia del piedritto medesimo, quanta ne esercitava la pietra di mezzo sulle due faccie  $Cc$ ,  $Bb$ .

Ciò perchè l'angolo  $RGP'$  che fa la direzione  $GR$  dello sforzo della pietra  $AC$  normalmente alla faccia  $Aa$  del piedritto, colla verticale  $GP'$  condotta dal centro di gravità  $G'$  della stessa pietra  $AC$ , è più acuto dell'angolo  $SGP$ , in causa della maggiore inclinazione alla verticale, o della minore all'orizzontale della stessa faccia  $Aa$ .

Tendendo però la pietra  $AC$  a scorrere sul piano  $Aa$ , eserciterà uno sforzo anche sulla faccia  $Cc$  della pietra di mezzo  $CB$ , che in parte varrà a distruggere l'azione che questa stessa pietra esercita sulla  $AC$  e sulla sua faccia  $Cc$ .

Immaginando quindi una volta semicircolare d'un numero maggiore di cunei, è facile lo intendere, come applicando le stesse considerazioni, lo sforzo che ciascun cuneo esercita sui collaterali si riduce ad una spinta orizzontale sui medesimi, per rimuoverli, e così obbedire ciascuno al proprio peso; spinta però che diminuisce mano a mano che i cunei si trovano ad esercitare il loro sforzo su quelli che hanno le faccie meno inclinate all'orizzontale, appunto perchè gravitando maggiormente su questi tendono meno a scorrere sui medesimi.

Adunque si può dire, che gli sforzi esercitati dai cunei delle volte sui collaterali, s'eguagliano a spinte orizzontali mano a mano che le faccie dei cunei s'inclinano maggiormente alla verticale condotta pel centro di gravità del cuneo di mezzo, ossia mano a mano che dall'imposta s'avvicinano alla chiave; e s'eguagliano a pressioni verticali mano a mano che dalla chiave s'avvicinano all'imposta.

E poichè la somma di tutte queste spinte e di tutte queste pressioni che dalla chiave si comunicano al cuneo d'imposta d'una volta, questo



ultimo la trasmette al piedritto su cui s'appoggia, così sono adunque i piedritti che sopportano la somma delle spinte e delle pressioni che risultano dalle azioni e reazioni che si svolgono nei cunei d'una volta.

Ora e perchè le spinte stesse e le pressioni di cui ho parlato testè, siano egualmente distribuite dall'una e dall'altra parte della chiave della volta e su eguali porzioni di questa, ragion vuole che la curva d'intradosso della volta stessa sia divisa in parti eguali, e le faccie di congiunzione dei cunei, ossia i giunti degli stessi cunei, cadano normalmente alla curva d'intradosso.

853. CONSEGUENZE DI QUEST' EFFETTO QUANDO I PIEDRITTI NON SONO ABBASTANZA STABILI. — Quando i piedritti sono troppo deboli per modo da non reggere alla spinta e alla pressione che su di essi esercitano i cunei d'una volta, questa rovina, e le lesioni che prima in essa si verificano sono ai suoi fianchi, tra l'imposta cioè e la chiave, esercitando in questo punto, la parte superiore della volta, il maggior sforzo colla spinta di cui essa è capace.

Ora da esperienze istituite e da osservazioni fatte su arconi che erano sul punto di rovinare, e sui materiali di arconi già rovinati, è dimostrato che la rovina d'una volta avviene principalmente o per strisciamento, o per rotazione, o per combinazione dell'uno e dell'altro di questi due fenomeni.

Quando la rottura d'una volta avviene per strisciamento, la volta si considera siccome divisa in tre parti, ossia in tre cunei, due comprese fra le imposte e i fianchi della volta, la terza parte compresa tra i fianchi medesimi, e la rottura può avvenire in due maniere differenti; e cioè o cadendo all'indentro due parti B e C, strisciando ciascuna su d'una faccia inclinata ed innalzandosi una piccola parte di mezzo A: fig. 197<sup>a</sup>, oppure scorrendo all'infuori le due parti B e C strisciando ciascuna su d'una faccia inclinata, ed abbassandosi la parte di mezzo A: fig. 198<sup>a</sup>.

La rottura per rotazione avviene d'ordinario in tre differenti maniere: 1° Quando la volta non è di monta molto rialzata nè molto depressa, o che non è molto caricata sui fianchi, il vertice della volta tende ad abbassarsi ed i fianchi a sollevarsi, e la volta si scompone in quattro parti A, B, C, D, fig. 199<sup>a</sup>, aprendosi alla chiave verso l'intradosso, sui fianchi verso l'estradosso, ed all'imposta, ovvero lungo i piedritti, ma verso l'intradosso; — 2° Quando la volta è a monta rialzata o a monta qualunque, ma molto caricata sui fianchi, si manifesta in essa una tendenza a sollevarsi nel vertice e ad abbassarsi sui fianchi, e se avviene rottura, essa si manifesta decomponendo la volta in quattro parti A', B', C', D', fig. 200<sup>a</sup>, aprendosi alla chiave verso l'estradosso, sui fianchi verso l'intradosso, ed all'imposta verso l'estradosso; — 3° Infine se la

vólta è a monta depressa, la rottura si manifesta con aprimento alla chiave verso l'intradosso, e con aprimento all'imposta verso l'estradosso, abbassandosi contemporaneamente il vertice della vólta.

Quando poi la rottura d'una vólta avvenga per combinazione dei due fenomeni di strisciamento e di rotazione, comincia a verificarsi aprimento alla chiave in seguito ad un piccolo allontanamento dei piedritti, ciascuno dei quali viene così a strisciare sopra una faccia orizzontale. Vólta e piedritti allora si decompongono in quattro parti, e due di queste, quelle concorrenti alla chiave, tendono a crollare all'indietro girando attorno ad uno spigolo posto all'intradosso.

Questo spigolo poi varia secondo la curva dell'intradosso, lo spessore della vólta, e i sovracarichi di cui viene essa gravata. D'ordinario però, l'esperienza lo dimostra a circa 30° a partire dall'imposta per le vólte a botte a tutta monta; a 50° circa a partire dalla stessa imposta per le vólte a botte a monta depressa, ed aventi per curva d'intradosso una mezza ovale la cui monta sia fra  $\frac{1}{3}$  ed  $\frac{1}{4}$  della corda; e infine alla stessa imposta per le vólte a botte a monta depressa, ed aventi per curva d'intradosso un arco di circolo d'ampiezza minore di 120°.

La rottura poi che più d'ordinario si verifica nella pratica, e per cui ad evitarla devesi maggiormente verificare l'equilibrio e la stabilità della vólta, è quella per aprimento alla chiave verso l'intradosso, e ai fianchi verso l'estradosso.

854. PUNTO D'APPLICAZIONE DELLA SPINTA ORIZZONTALE E DELLA PRESSIONE CHE RISULTANO DALLA VÓLTA, SULLA FACCIA DI CONGIUNZIONE, O SUL LETTO DI QUEL CUNEO SU CUI SI TROVA LO SPIGOLO DI ROTAZIONE. — Dal fatto che la rotazione di due parti d'una vólta avviene attorno ad uno spigolo dell'estradosso o dell'intradosso di quel giunto in cui si manifesta la rottura, è lecito lo argomentarne che il valore della pressione o della spinta a cui è dovuta la rotazione sia massimo nello spigolo attorno a cui questa si verifica, e minimo nello spigolo opposto. Ora dicendo  $p$  la massima pressione nello spigolo di rotazione, zero la minima nello spigolo opposto, e supponendo che ogni strato longitudinale del giunto di rottura soffra una pressione da valutarsi in ragione inversa alla distanza dello strato maggiormente premuto, ove dicasi  $s$  la lunghezza del giunto, la pressione media sul giunto stesso sarà data da

$$\frac{p + 0}{2} = \frac{1}{2} p, \text{ e la pressione totale da } \frac{1}{2} p \cdot s. \text{ E poichè } \frac{1}{2} p \cdot s.$$

esprime la superficie d'un triangolo di base  $p$  rappresentante la massima pressione, e di altezza  $s$ , rappresentante la lunghezza del giunto di se-

parazione o di rottura, ed il centro di pressione d'un triangolo è al  $\frac{1}{3}$  dell'altezza a partire dalla base, così il punto d'applicazione delle

forze che cimentano un giunto, il quale sia per aprirsi, è al  $\frac{1}{3}$  dell'altezza o lunghezza del giunto a partire dallo spigolo che soffre il massimo schiacciamento, e attorno al quale si verifica la rotazione.

855. VALORE DELLA SPINTA ORIZZONTALE E DELLA PRESSIONE VERTICALE CHE LE VOLTÈ ESERCITANO SUI PIEDRITTI. — Determinato il punto d'applicazione della spinta e della pressione, ne occorre saper valutare entrambe queste forze, particolarmente pei casi di rottura che più d'ordinario si verificano nella pratica.

Sia quindi il caso d'una volta che apertasi sui fianchi e sulla chiave, abbia la parte ABDE fig. 201<sup>a</sup> sul punto di staccarsi dalla parte sottostante, e ci si chieda il valore della spinta che deve supporre applicata contro la faccia DE, faccia di separazione alla chiave, e al punto  $e = \frac{2}{3}$  DE

a partire dal punto D, quando la parte stessa ABDE sia per staccarsi, 1° ruotando attorno allo spigolo B d'intradosso; 2° ruotando attorno allo spigolo A d'estradosso; 3° scorrendo sul giunto AB da A verso B; 4° scorrendo sul giunto medesimo da B verso A.

Sia  $a$  l'altezza o lunghezza DE del giunto di separazione alla chiave;

$a'$  la lunghezza del giunto AB di separazione ai fianchi;

$d, d'$  le distanze B  $m'$ , A  $n'$  fra gli spigoli di rotazione B ed A, e la verticale GP abbassata dal centro di gravità della parte di volta ABDE e del sovracarico corrispondente;

$l, l'$  le distanze D  $m$ , D  $n$  fra il punto più alto D dell'intradosso, e le orizzontali condotte dai punti di rotazione B ed A;

$\varphi$ , l'angolo che il piano del giunto AB fa con la verticale CE;

P il peso della parte di volta ABDE e del sovracarico corrispondente;

$S, S', S'', S'''$  le quattro spinte orizzontali domandate;

$f$ , il coefficiente d'attrito per la muratura della volta.

Il valore della spinta per i quattro casi qui a considerarsi, si ricava dalla relazione d'equilibrio che deve verificarsi tra le forze e i momenti delle forze che trovansi applicate alla parte di volta ABDE.

Ora le forze a considerarsi applicate sulla detta parte, sono la spinta S, il peso P, e la reazione R che la parte sottostante al giunto di rottura AB, produce contro la parte superiore. Questa è eguale e direttamente contraria all'azione che la stessa parte sottostante al giunto AB riceve dalla parte superiore, ed ammette due componenti una orizzontale  $R_s$  e l'altra verticale  $R_v$ , eguali rispettivamente alla spinta S, e al peso P, se deve

esistere l'equilibrio nella volta. La spinta  $S$ , come dissi già, è applicata in  $e$  al  $\frac{1}{3}$  cioè di  $DE = a$  a partire da  $E$ ; il peso  $P$  trovasi applicato nel punto  $G$  centro di gravità della parte di volta  $ABDE$  e del sovracarico corrispondente; e la reazione  $R$  eguagliandosi alla somma di tutte le pressioni che la parte superiore di volta esercita sull'inferiore, ruotando quella attorno allo spigolo  $B$ , può anche essa suppersi applicata al  $\frac{1}{3}$  di  $BA = \frac{1}{3} a'$  a partire da  $B$ .

Ora supponendo questa reazione rappresentata da  $RR$  fig. 202<sup>a</sup>, le sue componenti saranno  $R s$ , ed  $R v$ , e i momenti di esse per rispetto allo spigolo  $D$  saranno rispettivamente

$$R s . o B = R s . \frac{1}{3} a' \cos. \vartheta$$

$$R v . F o = R v . \frac{1}{3} a' \sin. \vartheta.$$

Essendo quindi

$$S . (e D + D m) = S . \left( \frac{2}{3} a + l \right); \text{ e } P . B m' = P . d$$

i momenti della spinta  $S$  e del peso  $P$  rispettivamente allo spigolo  $B$ ; perchè esista l'equilibrio nella volta, è necessario si verifichi l'equazione

$$S \left( \frac{2}{3} a + l \right) - R s . \frac{1}{3} a' \cos. \vartheta = P . d + R v . \frac{1}{3} a' \sin. \vartheta.$$

E poichè le componenti  $R s$  ed  $R v$  della reazione  $R$ , debbono per l'equilibrio essere eguali alla spinta  $S$  e al peso  $P$ , sostituendo a lor posto questi valori, avremo la stessa relazione d'equilibrio espressa da

$$S \left( \left( \frac{2}{3} a + l \right) - \frac{1}{3} a' \cos. \vartheta \right) = P . \left( d + \frac{1}{3} a' \sin. \vartheta \right)$$

Il valore quindi della spinta orizzontale sarà espressa da

$$\begin{aligned} S &= P \frac{d + \frac{1}{3} a' \sin. \vartheta}{\frac{2}{3} a + l - \frac{1}{3} a' \cos. \vartheta} = \\ &= P \frac{3 d + a' \sin. \vartheta}{2 a + 3 l - a' \cos. \vartheta}. (1) \end{aligned}$$

Il valore della spinta  $S'$  per il caso in cui la parte di volta ABDE dovesse ruotare attorno allo spigolo A dell'estradosso, si ottiene con un procedimento consimile a quello tenuto per determinare il valore della spinta  $S$ ; solo è da avvertirsi che la reazione  $R$  è da intendersi applicata al punto  $e'$  eguale al  $\frac{1}{3}$  di AB a partire da A.

La relazione d'equilibrio nella volta sarà quindi anche in questo caso

$$S' \left( \left( \frac{2}{3} a + l' \right) - \frac{1}{3} a' \cos. \vartheta \right) = P \left( d' + \frac{1}{3} a' \sin. \vartheta \right)$$

dalla quale si ricava il valore di  $S'$  espresso da

$$S' = P \frac{3 d' + a' \sin. \vartheta}{2 a + 3 l' - a' \cos. \vartheta} \quad (II)$$

Quando poi si volesse determinare il valore della spinta  $S''$  per il caso che la porzione di volta ABDE dovesse scorrere sul giunto AB da A verso B, sarebbe duopo trarre siffatto valore dalla relazione d'equilibrio tra la differenza delle due componenti parallele al piano del giunto AB del peso  $P$  e della spinta  $S''$ , e a cui sarebbe dovuto il moto di scorrimento, e la somma delle componenti normali al piano dello stesso giunto dello stesso peso  $P$  e della spinta  $S''$ , e la qual somma in una all'attrito s'opponesse allo stesso scorrimento.

Ora la componente del peso  $P$  parallela al piano è  $P \sin. \vartheta$  fig. 203<sup>a</sup> espressa da  $P \cos. \vartheta$ ; la normale al piano dello stesso peso è data da  $P \cos. \vartheta = P \sin. \vartheta$ .

La componente della spinta  $S''$  parallela al piano è data da  $S'' \sin. \vartheta$ ; la componente normale è data da  $S'' \cos. \vartheta$ .

Adunque per l'equilibrio si dovrà avere

$$P \cos. \vartheta - S'' \sin. \vartheta = f (P \sin. \vartheta + S'' \cos. \vartheta),$$

ed il valore di  $S''$  sarà dato da

$$S'' = P \frac{\cos. \vartheta - f \sin. \vartheta}{\sin. \vartheta + f \cos. \vartheta} \quad (III)$$

Finalmente il valore della spinta  $S'''$  per il caso che la parte ABDE dovesse scorrere sul giunto AB, da B in A, si trarrebbe dalla relazione

d'equilibrio che deve sussistere fra la differenza delle due componenti parallele al piano del giunto AB, della spinta  $S'''$  e del peso P, essendo realmente questa differenza quella che provocherebbe lo scorrimento sul giunto da B verso A, e la somma delle componenti normali al piano stesso della stessa spinta e dello stesso peso, che in una all'attrito si opporrebbe al moto.

La relazione d'equilibrio sarebbe adunque

$$S''' \cdot \text{sen. } \vartheta - P \cdot \cos. \vartheta = f (S''' \cdot \cos. \vartheta + P \cdot \text{sen. } \vartheta)$$

e il valore della spinta ne sarebbe dato da

$$S''' = P \frac{f \cdot \text{sen. } \vartheta + \cos. \vartheta}{\text{sen. } \vartheta - f \cdot \cos. \vartheta} \quad (\text{IV})$$

856. VERIFICAZIONE DELLA STABILITÀ D'UNA VOLTÀ A BOTTE. — La stabilità d'una volta a botte è assicurata, sempre quando, 1° la spinta, coi valori differenti che può assumere, e che or ora determinai, non è capace di produrre nè ruotazione nè scorrimento sulle differenti parti d'una volta; 2° la massima pressione di cui sono gravati i giunti in cui è divisa la volta stessa, per ogni unità superficiale dello stesso giunto, sia minore del coefficiente di resistenza alla rottura per pressione, riferito però alla stessa unità superficiale.

Per verificare quindi la stabilità d'una volta a botte rispetto ai movimenti di ruotazione e di scorrimento che in una sua parte può produrre la spinta, è duopo valerci delle relazioni riscontrate nel paragrafo precedente, ed applicare la relazione (i) a tutti quanti i giunti in cui si suppone divisa la volta. Paragonare quindi il massimo dei valori di S che da detta applicazione si ricavano, con ciascuno dei valori di  $S'$ ,  $S''$ ,  $S'''$ , che si ritrovano, applicando agli stessi giunti, le relazioni (ii), (iii), (iv).

Ove i tanti valori che si ritroveranno per  $S'$  ed  $S''$  siano tutti superiori del valore massimo di S, e questo sia superiore dei tanti valori che si ritroveranno per  $S'''$  la volta sarà stabile; in caso contrario la volta non è equilibrata, e bisogna variare la sua sezione trasversale, cangiarne le dimensioni, e ripetere la verifica accennata.

Così ad esempio, volendo verificare la stabilità della volta a botte, gravata superiormente da un sovraccarico terminato superiormente in un piano orizzontale, e il tutto come dimostra la fig. 204<sup>a</sup>; fa duopo rappresentare in disegno, e con scala alquanto grande per meglio riescire nelle operazioni grafiche che si debbono eseguire, una porzione di volta compresa fra due piani verticali, perpendicolari alla lunghezza della volta, e distanti fra loro di un metro.

Questo disegno, rappresentato dalla stessa fig. 20<sup>a</sup>, conterrà il profilo ABCD della mezza volta, e quello del corrispondente sovraccarico  $AHh^mCB$ , determinato per modo da eguagliare col peso del solido di muratura che esso rappresenta, il carico di cui è gravata permanentemente la volta per i riempimenti di muratura che vi si costruiscono sopra, e i carichi accidentali che possono gravitare sulla volta a seconda della sua destinazione.

Ciò fatto si divida il profilo della volta in tante parti  $ABae, ea'a'e, \dots$  seguendo colle rette  $a e, a' e' \dots$  la direzione dei giunti dei cunei della volta stessa; e dai punti  $a, a', a'' \dots$  dell'estradosso si conducano le linee verticali  $ah, a' h', a'' h'', \dots$  per così dividere anche il sovraccarico in tante parti di cui siano giunti le verticali  $ah, a' h' \dots$ .

Considerando le linee  $e a h, e' a' h' \dots$  siccome giunti di rottura della volta e del suo sovraccarico, si determinino le lunghezze dei giunti  $AB, e a, e' a' \dots$  i pesi delle diverse parti  $AHh a e, AHh' a' e' \dots$  e i quali saranno rappresentati dalle superfici delle stesse figure  $AHh a e, AHh' a' e'$ , essendo 1 metro la lunghezza di esse parti; gli angoli  $\varnothing, \varnothing', \varnothing'', \dots$  che i differenti giunti  $a e, a' e' \dots$  fanno con la verticale; i centri di gravità  $g, g', g'' \dots$  delle parti  $AHh a e, AHh' a' e' \dots$  e le distanze orizzontali fra gli stessi centri e i punti  $e$  ed  $a, e'$  ed  $a' \dots$  d'intradosso ed estradosso dei diversi giunti, considerando come negative quelle fra le distanze medesime, che cadessero a sinistra dei punti collocati sull'intradosso; infine le distanze verticali fra il punto  $A$  e gli stessi punti  $a$  ed  $e, a'$  ed  $e' \dots$  da considerarsi anche queste come negative, quando riferendosi ai punti  $a, a', a'' \dots$  trovansi al disopra dell'orizzontale condotta per il punto  $A$ .

Applicando quindi la relazione (i) del paragrafo precedente si determinino tanti valori di  $S$ , relativi ai giunti  $a e, a' e', a'' e', \dots$  sostituendo nella stessa relazione, e volta per volta al luogo di  $P$  i pesi dei massi murali  $AHh a e, AHh' a' e', \dots$ ; al luogo di  $d$  le distanze orizzontali fra il centro  $g$  ed il punto  $e$ , il centro  $g'$  ed il punto  $e' \dots$ ; al luogo di  $a'$  le lunghezze  $l, l', l'' \dots$  corrispondenti ai giunti  $a e, a' e', \dots$ ; al luogo di  $l$  le distanze verticali fra il punto  $A$  e i rispettivi punti  $e, e' e'' \dots$ ; e infine al luogo di  $\varnothing$ , i valori di  $\varnothing, \varnothing', \varnothing'' \dots$  corrispondenti agli angoli dei giunti  $a e, a' e', a'' e' \dots$  con la verticale.

Il massimo di tutti questi valori di  $S$ , e i quali saranno tanti quanti i giunti in cui fu divisa la volta, si paragoni con ciascuno dei differenti valori che si ottengono di  $S'$ , applicando la relazione (ii) già ricordata, per rispetto agli stessi giunti  $a e, a' e', a'' e' \dots$ , facendovi le sostituzioni consimili a quelle avvertite per l'applicazione della relazione (i). Se esso sarà minore di ciascuno dei valori riscontrati per  $S'$ , sarà segno

c e la massima delle spinte possibili, non potrà rovesciare nessuna parte di volta facendola ruotare attorno ad uno spigolo posto sull'estradosso.

Si paragoni poi lo stesso massimo valore di  $S$  con ciascuno dei differenti valori di  $S''$  che si ottengono applicando la relazione (iii) del paragrafo precedente, relativamente agli stessi giunti  $a\ e, a'\ e', a''\ e''\ \dots$ , e facendovi però le sostituzioni convenienti tanto per l'angolo  $\vartheta$  che varia per ciascun giunto  $a\ e, a'\ e', a''\ e''\ \dots$ , quanto per il peso  $P$  che varia per le differenti parti  $AH\ h\ a\ e, AH\ h'\ a'\ e'\ \dots$ , ove lo stesso massimo valore di  $S$  non sia superato da nessuno dei tanti valori di  $S''$  sarà segno che nessuna parte di volta potrà scorrere in basso, sugli stessi giunti  $a\ e, a'\ e', a''\ e''\ \dots$ .

Infine si paragoni lo stesso massimo valore di  $S$  prima ritrovato, con ciascuno dei valori che si otterranno per  $S'''$  applicando la relazione (iv) dello stesso paragrafo precedente, sempre per rapporto agli stessi giunti  $a\ e, a'\ e', a''\ e''\ \dots$ , e sempre facendo a tempo le analoghe sostituzioni superiormente indicate di  $\vartheta$  cioè e di  $P$ , e se ciascuno degli stessi valori di  $S'''$  risulta maggiore dello stesso massimo valore di  $S$ , sarà segno che nessuna parte di volta potrà scorrere in sù, e in nessuno dei giunti  $a\ e, a'\ e', a''\ e''\ \dots$ .

Osservando però che la massima spinta che può sopportare una volta si esercita su d'un giunto detto di rottura, e di posizione nota alla pratica, per quanto dissì già al parag. 854, la stabilità d'una volta si può anche verificare, limitando l'applicazione delle relazioni (i), (ii), (iii), (iv) già ricordate, allo stesso giunto di rottura; e se il massimo valore di  $S$  riesce maggiore di  $S'$  e di  $S'''$ , e minore di  $S''$ , la volta sarà stabile.

La stabilità d'una volta per rispetto allo scorrimento d'una parte sull'altra si può verificare anche graficamente, determinando l'angolo che la risultante delle forze che agiscono sopra ogni giunto, forma con la normale ai rispettivi giunti. E se la tangente di quest'angolo per ogni singolo giunto riesce minore del coefficiente d'attrito, la volta sarà stabile, e nessuna sua parte potrà scorrere sui giunti pigliati in esame.

Per determinare ora graficamente i sovraletti angoli, si conducano ortogonalmente due rette, una orizzontale e l'altra verticale fig. 205<sup>a</sup> e sulla prima si segni la distanza  $OS$  proporzionale alla massima spinta  $S$  prima determinata colla relazione (i) del parag. 856, applicata ai singoli giunti; sulla seconda le distanze  $OP, OP', OP''\ \dots$  proporzionali ai pesi  $P, P', P''\ \dots$  delle diverse parti di volta che gravitano sui differenti giunti.

Da  $S$  si conduca la  $SM$  parallela alla verticale  $OPP'\ \dots$ , e dai rispettivi punti  $P, P'\ \dots$ , di questa si conducano le parallele  $Pv, P'v', P''v''$  alla  $OS$ , le diagonali  $Ov, Ov', Ov''\ \dots$  risulteranno proporzionali alle



forze che agiscono sui singoli giunti dalla chiave all'imposta. Detti ora  $a, a', a'' \dots$  gli angoli che le risultanti delle forze che agiscono sui giunti fanno con le normali agli stessi giunti, si conducano le rette  $m O, m' O, m'' O \dots$  per modo da fare gli angoli

$$m O v = a; m' O v' = a'; m'' O v'' = a'' \dots$$

Se questi angoli riescono minori dell'angolo d'attrito, oppure se la tangente di questi angoli o i rapporti  $\frac{v m}{v O}, \frac{v' m'}{v' O} \dots$  riescono minori del coefficiente d'attrito, la volta sarà stabile, e non potrà avvenire alcun scorrimento fra due parti qualunque di essa.

Per verificare poi la stabilità della stessa volta a botte relativamente alla resistenza allo schiacciamento, è duopo riconoscere se la massima pressione di cui sono gravati i differenti giunti della volta, e per ogni unità superficiale, è minore del coefficiente di resistenza alla rottura per pressione relativo al materiale di cui è formata la volta, e per la stessa unità superficiale.

Ora per riuscire in questa verifica è duopo valerci delle relazioni (iv) e (v) già determinate al parag. 841 e cioè

$$P' = V' + P \frac{4 s - 6 d}{s^2}$$

Se  $d$  è minore di  $\frac{1}{2} s$ , o maggiore di  $\frac{1}{3} s$ ; oppure

$$P' = \frac{2}{3} \left( \frac{V' + P}{s} \right)$$

Se  $d$  è minore di  $\frac{1}{3} s$ , essendo  $d$  la distanza dal punto d'applicazione della pressione allo spigolo dell'intradosso attorno a cui è per ruotare la volta,  $s$  la lunghezza del giunto di rottura, e  $P'$  la massima pressione riferita all'unità di superficie.

A poter però applicare una di queste relazioni, ne occorre conoscere la distanza  $d$ , e il binomio  $V s + P$ .

A ciò ottenere, e a partire dal punto di scontro  $g$  della direzione  $n n'$  della spinta orizzontale  $S$  colla verticale  $m m'$  passante per il centro di gravità della porzione di volta  $AH h'' a'' e''$ , fig. 206<sup>a</sup>, se vuoi si verifichi la resistenza allo schiacciamento relativamente al giunto  $a'' e''$ , si

componga il parallelogramma  $g S v P$  coi lati  $g S$  proporzionale alla spinta  $S$ , e  $g P$  proporzionale al peso  $P$  della porzione di volta suindicata, e nella diagonale del parallelogramma medesimo si avrà la risultante delle due forze  $S$  e  $P$ . Il punto  $o$  d'incontro di detta risultante col giunto  $a'' e''$ , sarà il punto d'applicazione della pressione che risulta sul giunto stesso dalla spinta  $S$  e dal peso  $P$ .

Avutosi il punto d'applicazione, si ha la distanza  $o e''$  da esso punto allo spigolo  $e''$  dell'intradosso, riferendo a un sistema di assi coordinati passanti per  $A$  o per il centro dell'arco, la curva  $A e' e''$  .... dell'intradosso e il punto di essa  $e''$ , e determinando le equazioni delle due rette  $a' e''$ ,  $g o R$ , la prima normale alla curva, la seconda normale alla stessa retta  $a'' e''$ , ma passante per  $g$ , essendo note le distanze dal centro al punto  $A$  da questo al punto  $n$  d'applicazione della spinta, e dalla verticale  $n A$ ,  $y$  alla verticale  $m m$  passante per il centro di gravità della porzione di volta considerata.

Dalle equazioni delle due notate rette si avrebbero le coordinate del loro punto  $o$  di scontro, e quindi la distanza  $o e''$ , sottraendo prima le coordinate del punto  $e''$  da quelle del punto  $o$ , ed estraendo dopo la radice quadrata dalla somma dei quadrati delle due differenze, essendo la stessa distanza  $o e''$ , ipotennusa d'un triangolo rettangolo che ha per cateti le indicate differenze.

Osservando però, che per quanto dirò in avanti, il punto  $o$ , e tutti gli altri ad esso consimili appartengono alla così detta *curva delle pressioni*, la quale per la stabilità della volta è necessario sia compresa fra due curve, l'una condotta al  $\frac{1}{3}$  di tutti i giunti dalla chiave all'imposta

a partire dall'estradosso, l'altra fra gli stessi limiti ma a partire dall'intradosso; e siccome all'imposta, e quando essa sia per la curvatura della volta, giunto di rottura, si verifica la maggior pressione per unità di superficie, essendo la distanza  $o e''$  eguale al  $\frac{1}{3}$  di  $a'' e''$  a partire da  $e''$ , così parmi poter consigliare di poter adottare per detta distanza  $d = o e''$  costantemente il  $\frac{1}{3}$  della lunghezza del giunto a partire però dall'intradosso.

Chi varierebbe quindi nella relazione da adoperarsi per determinare la massima pressione per unità di superficie del giunto, relazione che non può che essere la

$$P' = (V + P) \frac{4 s - 6 d}{s^3}$$

essendo escluso che la  $d$  possa esser minore di  $\frac{1}{2} s$ , per appartenere il punto da cui si misura la stessa  $d$  alla curva delle pressioni, non sarebbe che il binomio  $V s + P$ , il cui valore è dunque necessario si determini esattamente e per ogni singolo giunto.

In proposito, e riferendomi al giunto  $a'' e''$ , si osservi che in causa all'angolo  $u o R = s g V$  che la risultante della spinta  $S$  e del peso  $P$ , nella stessa fig. 206<sup>a</sup>, fa coll'orizzontale, detto  $b$  quest'angolo si ha

$$\text{tang. } b = \frac{P}{S},$$

e che in causa all'eguaglianza degli altri angoli  $u o Q$ ,  $a'' e'' V$  per la perpendicolarità dei lati, detti  $a$  l'angolo  $a'' e'' V$  che il giunto fa con la verticale, e detto  $c$  l'angolo  $QOR$  che la componente della risultante  $R$  normale al giunto fa con la stessa risultante, si ha la novella relazione

$$c = a - b.$$

Ora, e poichè  $V s + P$  è la stessa componente normale al giunto, ed essa, ove facciasi eguale a  $Q$ , ha per valore  $Q = R \cdot \cos. c$ , sostituendo ad  $R$  il suo valore,  $R = \sqrt{S^2 + P^2}$ , si avrà ad espressione del binomio  $V s + P$  la relazione

$$\begin{aligned} V s + P = Q &= \cos. c. \sqrt{S^2 + P^2} = \\ &= \cos. (a - b) \cdot \sqrt{S^2 + P^2} \end{aligned}$$

Per cui la relazione ad applicarsi per determinare la massima pressione sull'unità superficiale di ciascun giunto, sarà

$$P' = (\cos. (a - b) \cdot \sqrt{S^2 + P^2}) \cdot \frac{4 s - 6 d}{s^2}$$

nella quale è però a cambiarsi e per ogni giunto, il valore dell'angolo  $a$  che ciascun giunto stesso fa con la verticale, il valore di  $s$  lunghezza del giunto, e il valore del peso  $P$  corrispondente alla parte di volta, che gravita su ciascun giunto.

857. METODO GRAFICO DELL'INGEGNERE MERY PER VERIFICARE LA STABILITÀ DELLE VOLTÈ A BOTTE. — L'ingegnere di ponti e strade *Enrico Mery*, considerando che nelle voltè in equilibrio, la somma delle spinte e delle pressioni che s'esercitano sopra i differenti punti d'ogni giunto deve avere un'unica risultante applicata in un dato punto d'ogni giunto medesimo, si è studiato di determinare graficamente questo punto per ogni giunto, e di riunirli tutti con una curva che egli ha chiamata *curva delle pressioni*, facendo quindi dipendere la stabilità d'una voltè a botte dalla posizione della curva medesima.

Quando questa curva rimane compresa fra le due curve che si possono tracciare in una voltè avendo l'una per limiti il  $\frac{1}{3}$  dell'altezza della chiave e della lunghezza dell'imposta a partire dall'estradosso, l'altra gli stessi limiti a partire dall'intradosso, la voltè è stabile. Siffatta stabilità sussiste, secondo quanto ne dice l'ingegnere *Scheffler*, anche quando la curva delle pressioni rimane solamente compresa fra le due curve d'intradosso ed estradosso.

Se la curva delle pressioni passa all'estradosso alla chiave, oppure al  $\frac{1}{3}$  dell'altezza della chiave a partire dallo stesso estradosso, tocca in uno o più punti l'intradosso, e finisce per toccare l'estradosso o andargli vicino verso l'imposta, la voltè si rompe come dimostra la fig. 199<sup>a</sup>.

Se all'incontro la stessa curva delle pressioni tocca l'intradosso, o gli passa vicino, dentro o fuori, tocca l'estradosso in uno o più punti a' fianchi, e finisce di nuovo per tornare verso l'intradosso alla sua imposta, o in sua prossimità, la voltè si rompe, come dimostra la fig. 200<sup>a</sup>.

858. METODO PER TRACCIARE LA CURVA DELLE PRESSIONI. — Per tracciare questa curva delle pressioni occorre anzitutto disegnare con scala alquanto grande il profilo di una mezza voltè, e dividerlo in un numero di parti tali che le porzioni delle due curve d'intradosso e d'estradosso dalle parti comprese, si possano ritenere quasi siccome linee rette; dividendo del pari, e con linee verticali che si partano dalle divisioni dell'estradosso, la figura curvilinea o mistilinea che si innalza sulla voltè stessa per rappresentare, col peso del solido di muratura di cui è base, il peso del sovraccarico permanente e accidentale di cui la voltè è gravata.

La figura 207<sup>a</sup> offre un esempio di questo primo fatto, e le figure AH  $h' a' e'$ ,  $e' a' h'' h'' a'' e''$ , ... sono le porzioni in cui si è scomposta la voltè e il suo sovraccarico.

Si determini quindi il peso delle varie porzioni AH  $h' a' e'$ , AH  $h'' a'' e''$  .... che può essere rappresentato dalla superficie delle stesse figure, quando

il profilo di volta considerato sia di 1<sup>m</sup> di lunghezza, e il centro di gravità delle stesse figure.

Supponendo poi che la volta sia per aprirsi alla chiave verso l'intradosso, si conduca a partire da  $n$ , punto d'applicazione della spinta  $S$ , la linea orizzontale  $nQ$ , e in tutti quei punti in cui la stessa orizzontale incontra la verticale condotta per i centri di figura prima determinati, si componga un parallelogramma, con due linee, l'una proporzionale al peso della porzione considerata, e misurata sulla verticale, l'altra proporzionale alla spinta orizzontale  $S$  corrispondente alla massima delle spinte che si ottengono applicando la relazione (1) del paragrafo 856 a tutti i giunti in cui si è divisa la volta, e misurata sull'orizzontale  $nQ$ . I punti, ove le risultanti di tutti questi parallelogrammi incontrano i giunti della volta, riuniti assieme da una linea continua, formano la così detta *curva delle pressioni*.

Volendo ad esempio determinare il punto del giunto  $a'' e''$  appartenente alla detta curva, fa duopo nel punto  $g''$ , ove la verticale condotta per il centro di gravità della porzione di volta  $AH h'' a'' e''$  incontra l'orizzontale  $nQ$ , formare un parallelogramma con le due linee,  $g'' p'$  proporzionale al peso dello stesso solido  $AH h'' a'' e''$ , e  $g'' s'$  proporzionale alla massima spinta  $S$  prima ritrovata. Il punto  $o''$  ove detto giunto è incontrato, è il punto ricercato.

Gli ingegneri che vogliono determinare la curva delle pressioni per una data volta a botte, dopo aver disegnato con scala alquanto grande il profilo di mezza volta e del suo sovraccarico, ed avervi fatto le operazioni grafiche notate al principio di questo paragrafo usano di formarsi una tabella divisa in 10 colonne, nelle quali trascrivono:

- nella 1<sup>a</sup> per ordine i numeri dei giunti;
- nella 2<sup>a</sup> la larghezza dei singoli giunti;
- nella 3<sup>a</sup> le altezze medie degli stessi giunti;
- nella 4<sup>a</sup> il prodotto delle colonne 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup>, ossia la superficie dei giunti, colle quali ne rappresentano i rispettivi pesi, essendo 1<sup>m</sup> la lunghezza;
- nella 5<sup>a</sup> il braccio di leva per ciascun giunto, ossia la distanza dal centro di gravità di ciascuno alla verticale condotta per il mezzo della chiave;
- nella 6<sup>a</sup> i momenti dei pesi dei rispettivi giunti, ossia il prodotto delle due colonne 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup>;
- nella 7<sup>a</sup> la somma di tutti i giunti che a partire dalla chiave si considerano per determinare la curva delle pressioni;
- nella 8<sup>a</sup> la superficie, ossia il peso dei differenti solidi considerati, a partire dalla chiave, e pigliati assieme;

nella 9<sup>a</sup> i momenti dei pesi degli stessi solidi assieme presi ;  
nella 10<sup>a</sup> i bracci di leva, ossia la distanza della verticale alla chiave  
dai centri di gravità dei differenti solidi considerati sic-  
come somma di differenti giunti.

I numeri della 10<sup>a</sup> colonna si ottengono, dividendo i numeri della 9<sup>a</sup> colonna rispettivamente per quelli della 3<sup>a</sup>.

Le somme poi delle colonne 4<sup>a</sup> e 6<sup>a</sup> debbono riprodurre rispettivamente gli ultimi numeri delle colonne 8<sup>a</sup> e 9<sup>a</sup>.

Riferisco qui due delle tavole portate dallo *Scheffler* nella sua opera già ricordata; la 1<sup>a</sup> per determinare la curva delle pressioni nella volta del ponte di *Neuilly*, formata in arco di circolo, avente la semicorda eguale a m. 19,86, la saetta di m. 4,22; la grossezza o spessore della volta, alla chiave è di m. 1,62, all' imposta di m. 2,76; il sovraccarico infine è terminato da un piano orizzontale, ed alto alla chiave, e a partire dall' estradosso per m. 1,95 il tutto come appare dalla fig. 207<sup>a</sup>; la seconda per determinare la stessa curva delle pressioni per una volta a semicircolo d' un ponte per ferrovia, avente il raggio di m. 5,65, lo spessore uniforme di m. 0,94, e il sovraccarico terminato orizzontalmente, e alto sulla chiave per m. 31,40.

È da avvertirsi però che lo *Scheffler* intende, come dissi già, che la curva delle pressioni rimanga compresa fra le due curve d' intradosso ed estradosso della volta; che la spinta anzichè al  $\frac{1}{3}$  dell'altezza della chiave a partire dall' estradosso, sia invece applicata allo spigolo d' estradosso della stessa chiave, e calcola infine il valore della spinta *S*, colla relazione  $S = P \frac{a}{b}$ ; nella quale *a* è la distanza dal centro di gravità

della porzione considerata di volta allo spigolo d' intradosso del giunto d' imposta: distanza che si ottiene nella differenza, fra la semicorda dell' arco, e la distanza dallo stesso centro di gravità della porzione di volta considerata, alla verticale che passa per il mezzo della chiave; *b* rappresenta la distanza verticale fra l' orizzontale dello spigolo d' intradosso del giunto d' imposta, e lo spigolo d' estradosso della chiave della volta.

Ecco ora le due tavole dello *Scheffler* per le due volte suindicate, e il modo di valersi di esse per determinare i differenti punti della curva delle pressioni.

**Tavola I.**

| PESI ELEMENTARI |                |                |                |                |                | SOMME PARZIALI    |                |                |                 |  |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|-----------------|--|
| N. d'Ordine     | LARGHEZZA      | ALTEZZA        | SUPERFICIE     | BRACCI DI LEVA | MOMENTI        | NUMERO dei GIUNTI | SUPERFICIE     | MOMENTI        | BRACCI DI LEVA  |  |
| 1 <sup>a</sup>  | 2 <sup>a</sup> | 3 <sup>a</sup> | 4 <sup>a</sup> | 5 <sup>a</sup> | 6 <sup>a</sup> | 7 <sup>a</sup>    | 8 <sup>a</sup> | 9 <sup>a</sup> | 10 <sup>a</sup> |  |
|                 | m.             | m.             | m. q.          | m.             | m. c.          |                   | m. q.          | m. c.          | m.              |  |
| 1.              | 3,25           | 3,60           | 11,70          | 1,62           | 18,9           | 1                 | 11,70          | 18,9           | 1,62            |  |
| 2.              | 3,25           | 3,80           | 12,40          | 4,87           | 60,4           | 1 + 2             | 24,10          | 79,3           | 3,28            |  |
| 3.              | 3,25           | 4,30           | 13,80          | 8,12           | 112,1          | 1 + 2 + 3         | 37,90          | 191,4          | 5,07            |  |
| 4.              | 3,25           | 4,90           | 15,80          | 11,37          | 179,6          | 1 + . . . + 4     | 53,70          | 371,0          | 6,92            |  |
| 5.              | 3,25           | 5,80           | 19,00          | 14,62          | 277,8          | 1 + . . . + 5     | 72,70          | 648,8          | 8,94            |  |
| 6.              | 3,61           | 7,00           | 25,20          | 18,07          | 455,4          | 1 + . . . . + 6   | 97,90          | 1104,2         | 11,28           |  |
| 7.              | 1,17           | 6,40           | 7,50           | 20,44          | 153,3          | 1 + 1 . . . . + 7 | 105,49         | 1257,5         | 11,93           |  |
|                 |                |                | 105,40         |                | 1257,5         |                   |                |                |                 |  |

**Tavola II.**

| PESI ELEMENTARI |                |                |                |                |                | SOMME PARZIALI    |                |                |                |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|
| N. d'Ordine     | LARGHEZZA      | ALTEZZA        | SUPERFICIE     | BRACCI DI LEVA | MOMENTI        | NUMERO dei GIUSTI | SUPERFICIE     | MOMENTI        | BRACCI DI LEVA |
| 1 <sup>a</sup>  | 2 <sup>a</sup> | 3 <sup>a</sup> | 4 <sup>a</sup> | 5 <sup>a</sup> | 6 <sup>a</sup> |                   | 7 <sup>a</sup> | 8 <sup>a</sup> | 9 <sup>a</sup> |
|                 | m.             | m.             | m. q.          | m.             | m. c.          |                   | m. q.          | m. c.          | m.             |
| 1.              | 0,94           | 26,06          | 24,50          | 0,47           | 11,5           | 1                 | 24,50          | 11,5           | 0,47           |
| 2.              | 0,94           | 26,22          | 21,65          | 1,41           | 34,8           | 1 + 2             | 49,15          | 46,3           | 0,94           |
| 3.              | 0,94           | 26,36          | 24,97          | 2,36           | 58,9           | 1 + 2 + 3         | 74,12          | 105,2          | 1,41           |
| 4.              | 0,94           | 27,10          | 25,47          | 3,30           | 84,0           | 1 + . . . + 4     | 99,59          | 189,2          | 1,88           |
| 5.              | 0,94           | 27,95          | 26,27          | 4,24           | 111,4          | 1 + . . . . + 5   | 125,85         | 300,6          | 2,39           |
| 6.              | 0,94           | 29,42          | 27,65          | 5,18           | 143,2          | 1 + . . . . . + 6 | 153,51         | 443,8          | 2,89           |
| 7.              | 0,94           | 31,71          | 29,81          | 6,12           | 182,4          | 1 + . . . . . + 7 | 183,32         | 626,2          | 3,42           |
|                 |                |                | 183,32         |                | 626,2          |                   |                |                |                |

Redatte così queste tavole, cogli elementi di esse si possono determinare le curve delle pressioni. Basta perciò, e a partire dall'estradosso della chiave, condurre, in ciascun profilo disegnato, una linea orizzontale in verso la volta, e a partire dalla chiave stessa, portare su di essa le lunghezze segnate alla colonna 10<sup>a</sup>, partendo per ciascuna sempre dalla chiave. Queste lunghezze segneranno sull'orizzontale tanti punti che sa-

ranno vertici di altrettanti rettangoli da costruirsi nel modo che ora indicherò. A partire da ciascun punto, si porti, sulla stessa orizzontale una linea proporzionale al valore ritrovato della spinta, e sulla verticale che si conduce per ogni punto medesimo, e in verso il basso dell'orizzontale, si segni una distanza proporzionale alla somma dei pesi dei solidi considerati, e che si trova all'8<sup>a</sup> colonna.

Le diagonali di tutti i singoli rettangoli sono, nella loro lunghezza, proporzionali alle forze che sollecitano i singoli giunti della volta, e lo scontro di esse coi giunti medesimi offrirà una successione di punti che, congiunti fra loro da una linea continua presenteranno la *curva delle pressioni*.

Quando non vogliasi seguire il suggerimento dello *Scheffler* nel valutare la spinta orizzontale, e nel supporla applicata all'estradosso della chiave, puossi con certezza di maggior stabilità, valutare la spinta *S* colla relazione (i) del paragrafo 856, per cui è necessario supporla applicata

al  $\frac{1}{3}$  della chiave a partire dall'estradosso, e determinare poi, col metodo or ora accennato e dopo aver redatto delle tavole consimili alle riferite Tavole I<sup>a</sup> e II<sup>a</sup>, la curva delle pressioni che, per la stabilità della volta è d'uopo rimanga compresa fra le due curve condotte; l'una dal  $\frac{1}{3}$  della chiave al  $\frac{1}{3}$  dell'imposta a partire dall'estradosso, l'altra fra gli stessi limiti a partire però dall'intradosso.

859. STABILITÀ DEGLI ARCHI E DELLE PIATTABANDE. — Essendo gli archi, come già notai al paragrafo 655, volte a botte di piccola lunghezza per riguardo all'apertura o corda della stessa volta, la stabilità di essi si determina coi metodi medesimi applicati a verificare la stabilità delle volte, sia in riguardo alla ruotazione d'una parte su d'uno spigolo d'intradosso aprendosi alla chiave verso l'intradosso, e la quale rottura è quella che più si verifica anche per gli archi; sia per ruotazione d'una parte dell'arco su d'uno spigolo dell'estradosso, aprendosi alla chiave verso l'estradosso stesso, sia infine per scorrere d'una su d'un'altra parte. L'applicazione quindi delle relazioni (i), (ii), (iii) e (iv) del paragr. 856, fatta nel modo medesimo indicata al paragr. 857, in una alla determinazione della massima pressione sopportata dall'unità superficiale d'ogni giunto, e alla curva delle pressioni, sono anche ad eseguirsi sugli archi, se vogliamo conoscere la loro stabilità.

Avvertirò qui, a meglio riuscire nella verificaione della stabilità degli archi, che allorquando sieno essi gravati, oltre d'un riempimento di muratura terminato ordinariamente in un piano orizzontale, anche dal peso di un solaio il quale insiste su travi, che poste ad eguali distanze,



s'appoggiano sul riempimento dell'arco, le divisioni verticali a farsi sulla figura che rappresenta il sovraccarico e per rappresentare i possibili giunti di rottura del sovraccarico medesimo, debbono cadere nell'intermezzo dei punti sui quali s'appoggiano le stesse travi, per così riuscire meglio nella determinazione dei pesi che gravitano i differenti giunti dell'arco.

La stabilità delle piattabande si determina colle considerazioni medesime fatte per gli archi e per le volte, potendo pur esse ritenersi quali volte, quantunque a intradosso piano ed orizzontale. Ed è per l'orizzontalità dell'intradosso che i giunti dei cunei in cui si divide una piattabanda, nel suo apparecchio, anziché essere perpendicolari all'intradosso medesimo, debbono farsi a questo inclinati come già notai al paragr. 658, cap. IV del precedente *Libro*. La perpendicolarità dei giunti dei cunei d'una piattabanda alla linea d'intradosso, renderebbe instabile la piattabanda medesima, dacchè riuscendo essi verticali, i cunei non potrebbero reggersi scambievolmente che in virtù del solo attrito e della sola coesione: forze queste da non valere certo ad equiparare il peso dei cunei stessi, e quindi ad impedire la loro caduta, facilitata sempre dal più piccolo movimento dei piedritti dal di dentro all'infuori.

La condizione adunque dell'intradosso della piattabanda richiede che i giunti dei cunei in cui essa si divide, siano inclinati all'intradosso stesso per modo che le loro direzioni concorrano tutti fin uno stesso punto della verticale condotta per il mezzo della piattabanda.

D'ordinario, l'angolo che formano fra loro le direzioni dei giunti d'imposta d'una piattabanda è di 60°.

La pratica, e allo scopo di diminuire il sovraccarico che gravita su d'una piattabanda, particolarmente quando su di essa s'innalza un muro, come avviene negli edifizii ordinarii per il muro che insiste sopra la piattabanda delle finestre, consiglia di costruirvi sopra un arco così detto *sordino*, di corda eguale alla larghezza della piattabanda medesima, ossia alla distanza fra i piedritti di essa, per così far gravitare su di questi la pressione risultante dall'arco e quella del muro che su di esso s'innalza.

860. CONSIDERAZIONI FATTE DAL RONDELET SULLE VÔLTE A BOTTE DI UNIFORME GROSSEZZA, E CONSEGUENZE CHE EGLI NE HA TRATTO. — Applicando ai differenti cunei d'una volta a botte di uniforme grossezza, e non gravata da sovraccarico, le considerazioni fatte al paragr. 852 sul modo con cui agiscono reciprocamente i cunei d'una volta, *Rondelet* ha saputo trarne tante conseguenze, le principali fra le quali, io qui riferisco ad istruzione del lettore.

1° Che la linea che riunisce il centro di gravità di tutti i cunei, è una circonferenza di circolo atta a rappresentare la somma di tutti gli sforzi

che i cunei fanno gli uni sulli altri, per sostenersi scambievolmente, agendo senza ostacoli col loro peso; è in altri termini la curva delle pressioni, determinata meglio poi dall'ingegnere *E. Mery*.

2° Che, se dai punti A e B dei cunei di chiave e d'imposta della volta rappresentata dalla fig. 208<sup>a</sup> si conducono l'orizzontale AC, e la verticale BC, incontrantesi nel punto C; la linea AC potrà rappresentare la somma degli sforzi orizzontali, ossia la spinta orizzontale S che tende a rovesciare la volta, e la linea CB la somma degli sforzi verticali, ossia la pressione P che contribuisce a consolidare il piedritto; per cui se dal punto O si fa passare la retta MON parallela alla CA, la parte MO di essa potrà rappresentare la somma degli sforzi orizzontali della parte inferiore *e f g h* della volta; la parte ON, la somma degli sforzi orizzontali della parte superiore della volta *f g r p*; e la differenza fra le due parti di detta retta potrà rappresentare la spinta orizzontale S.

3° Che se si immagina che la semicorda *hQ* della mezza volta diminuisca continuamente, rimanendo intatta la monta *Qr*: oppure diminuisca continuamente questa rimanendo intatta quella; nel primo caso diminuendo nella stessa ragione la somma degli sforzi orizzontali, diverrebbe nulla la spinta S, e della volta non rimarrebbe altro che la pressione verticale, valevole a consolidare il piedritto, in cui ridurrebbesi la stessa volta, e fino a che però il peso sopportata dalla base non fosse superiore per unità di superficie, al coefficiente di resistenza alla rottura per pressione del materiale di cui è formato il piedritto stesso; nel secondo caso invece, diminuendosi la monta *Qr*, senza alterarsi la semicorda, si finirebbe per veder la curva *f h r* a confondersi colla stessa semicorda e la volta ridursi piana o piattabanda, aumentandosi al tempo stesso gli sforzi orizzontali. È quindi a concludersi, che le volte, quanto più sono a monta rialzata, tanto meno hanno una spinta orizzontale; e tanto più questa, quanto minore è la monta.

4° Che nelle volte divise in un numero dispari e di parti ineguali, più è grande la parte di mezzo, chiamata chiave, minore è la spinta delle volte; per cui il caso della spinta maggiore è dato da una volta che abbia una commessura o un giunto nel mezzo.

5° Infine che la spinta delle volte il cui spessore diminuisce dalla imposta alla chiave, è minore della spinta corrispondente alle volte di uniforme spessore le quali non possono sostenersi se la loro grossezza è minore di  $\frac{1}{18}$  della corda; mentre le altre, quelle cioè che diminuiscono di spessore dalla imposta alla chiave si sostengono stabilmente con una grossezza alla chiave, eguale anche all'  $\frac{1}{80}$  del diametro.

861. DIMENSIONI DELLE VÔLTE. — La determinazione delle dimensioni delle vòlte, riflette la grossezza da darsi ad esse nella loro chiave, essendochè le altre due dimensioni, quali sarebbero la corda e la monta, vengono particolarmente designate dal fine stesso, e dalla destinazione della vòlta.

Limitando lo studio delle dimensioni alla sola grossezza, piacemi avvertire che essa pure dipende dal fine e dalla destinazione della vòlta, dalla portata perciò e dai carichi che sopporta, non che dalla qualità dei materiali, ma viene per qualunque caso, determinata sempre a mezzo di formole pratiche, non da altro soccorso che dalla buona esperienza.

Ora, o le vòlte non hanno da sostenere sovraccarico alcuno, come sono la maggior parte delle vòlte delle basiliche e delle chiese, le cui coperture poggiano sui muri, e la grossezza alla chiave è sufficiente quando sia compresa fra  $\frac{1}{24}$  e  $\frac{1}{96}$  della corda (1). È ad avvertirsi però che a misura che questo limite s'impicciolisce, richiede la costruzione della vòlta somma cura nella mano d'opera.

Il *Rondelet*, quando il limite sia del  $\frac{1}{96}$  della corda consiglia d'aggiungervi m. 0,08.

O le vòlte non sostengono che poco peso, come sono quelle delle abitazioni civili gravate dal pavimento che sostengono, e in simil caso la grossezza alla chiave è da tenersi fra il  $\frac{1}{24}$  e il  $\frac{1}{48}$  della corda. *Rondelet*, raggiungendo questo ultimo limite, consiglia d'aggiungere alla grossezza stessa m. 0,16.

O infine le vòlte debbono sostenere dei grandi pesi, come avviene alle vòlte dei ponti, e in simil caso la grossezza vien data da parecchie formole non tutte però favorevoli all'economia del materiale, quantunque tutte valevoli ad assicurare una stabilità, spesse volte anche eccessiva. Fra le prime ricorderò quelle degli antichi costruttori, e per le quali la grossezza alla chiave variava fra  $\frac{1}{10}$  e  $\frac{1}{12}$  della corda.

---

(1) La più grande vòlta della terra, che per quanto ne dice il *Milizia* è la Vaticana, ha la grossezza alla chiave eguale al  $\frac{1}{24}$  della corda.

La vòlta invece del gran portico della chiesa di Santa Genevieffa a Parigi, ha la grossezza alla chiave eguale a  $\frac{1}{90}$  della corda.

*Leon Battista Alberti*, prescriveva che la grossezza stessa non sorpassasse il limite del  $\frac{1}{15}$  della stessa corda.

Alle formole che offrano soventi una grossezza alla chiave eccessiva, s'appartiene quella dell'ingegnere *Perronet*, primo fra i primissimi costruttori di strade ferrate in Francia, e il quale la dedusse, certo in vista ad una stabilità a tutta prova delle volte sulle quali doveva scorrere un convoglio in via ferrata, e in tempi che, più che all'economia si studiava l'arte di soddisfare ad una stabilità tanto grande, quanto erano grandissimi il dubbio e la diffidenza dei popoli per il nuovo genere dei mezzi di trasporto.

Dicendo  $x$  lo spessore o la grossezza alla chiave,  $d$  la grandezza del diametro nelle curve a pieno centro, o il doppio del raggio che ha servito a descrivere la curva d'intradosso nelle volte ribassate, il *Perronet* ha dato la seguente formola per determinare la grossezza alla chiave

$$x = 0,0347. d + 0^m,325.$$

Essa però offre valori eccessivi per tutte le volte a cui risponde  $d$  grande di oltre i 30 metri.

Le migliori formole sono quelle del *Dejardin*, e quelle del *Léveillé* ingegnere capo di ponti e strade.

Le prime variano a seconda della curva d'intradosso, per cui, detto  $R$  il raggio di curvatura dell'intradosso, la grossezza alla chiave, per una volta a tutta monta è dato da

$$x = 0,10 R + 0^m,30; (i)$$

per una volta a monta depressa, avente un arco di circolo dell'ampiezza di  $60^\circ$  per curva d'intradosso, la stessa grossezza è data da

$$x = 0,05 R + 0^m,30; (ii)$$

per una volta infine a monta depressa e avente per intradosso una mezza ellisse o una mezza ovale colla monta eguale al  $\frac{1}{3}$  della corda, la grossezza alla chiave vien data da

$$x = 0,07 R + 0^m,30. (iii)$$

Questa formola alcuni la adottano anche per determinare la grossezza alla chiave delle volte con una mezza ovale per curva d'intradosso e con monta maggiore o minore del  $\frac{1}{3}$ .

Quando poi la curva d'intradosso fosse un arco di circolo di ampiezza compresa fra  $60^\circ$  e  $180^\circ$ , la grossezza alla chiave dovrebbe avere un valore intermedio a quello che risulta dall'applicazione delle due formole (II) e (III).

La formula dell'ingegnere *Léveillé* esprime la grossezza in funzione della grandezza della corda  $d$ , ossia distanza fra i piedritti, e vale per volte aventi per intradosso delle curve circolari, o mezze ellissi o mezze ovali, e applicabili per sostegno di terre o sottosuolo di strade ordinarie o ferrate.

Essa è rappresentata da

$$x = \frac{1 + 0,1 \cdot d}{3}$$

Quando le volte si costruiscono in mattoni, la loro grossezza alla chiave varia secondo che si impiegano nei ponti, o nelle costruzioni civili. Nel primo caso valgono all'uopo le stesse formule pratiche del *Dejardin* e del *Léveillé* purchè la grossezza stessa determinata, si eguagli a un multiplo della dimensione media del mattone. Quando la corda delle volte impiegate nei piccoli ponti non eccede 1 metro, la grossezza alla chiave si fa eguale alla dimensione massima del mattone. Nel secondo caso, e quando le volte servono per costruzioni civili, ove la corda non ecceda gli 8 metri, la grossezza alla chiave si fa eguale alla dimensione media del mattone.

Determinata la grossezza alla chiave, qualunque sia il materiale con cui si costruiscono le volte, o essa si mantiene uniforme per tutta la volta, oppure si aumenta nel giungere all'imposta.

Usasi di mantenere uniforme la grossezza delle volte, quando esse abbiano piccola corda, siano a monta depressa, e abbiano a sopportare piccoli sovraccarichi. Si usa invece aumentare la grossezza dalla chiave all'imposta di quelle volte che hanno a sostenere dei grandi pesi, hanno una corda alquanto grande, e sono a monta alquanto rialzata.

Se la volta si costruisce in pietre naturali, l'aumento della grossezza della volta dalla chiave all'imposta, si determina dando ai giunti inclinati FA, GD fig. 109<sup>a</sup>, di  $60^\circ$  colla verticale EC, una grossezza doppia di quella alla chiave, che si continua insino all'imposta; e facendo la grossezza della rimanente parte di volta FABDG, quale risulta dall'arco che unisce i tre punti F, E e G.

Se la volta invece si costruisce in mattoni, essa si fa di grossezza uniforme fino a che la sua corda non sorpassi i 4 metri. Sorpassato questo limite la grossezza varia, e fino ai 6 metri di corda la grossezza all'imposta si fa doppia della grossezza alla chiave, e si continua fino al li-

vello del piano orizzontale che è al disopra del piano d'imposta per 1/3 della monta della volta; dai 6 agli 8 metri di corda la grossezza della volta si fa ai fianchi il doppio della grossezza alla chiave, e all'imposta il triplo della stessa grossezza.

862. DIMENSIONI DEGLI ARCHI E DELLE PIATTABANDE. — Anche la determinazione delle dimensioni degli archi e delle piattabande riflette la sola loro grossezza. Ora la grossezza degli archi e a seconda della loro curva, si determina con le formule (I), (II), (III), del *Dejardin* vedute per la grossezza delle volte nel paragrafo precedente, e con le osservazioni fatte alle medesime, a condizione però di cambiare la quantità costante 0<sup>m</sup>,30, in 0<sup>m</sup>,24 per così non avere alla chiave una grossezza inferiore alla dimensione massima del mattone, che è di circa m. 0,24.

Quando gli archi non possono essere di grossezza uniforme, la qual cosa deciderà, come per le volte, la loro curva, la loro corda, e il carico che debbono sopportare, la variazione della grossezza dalla chiave alla imposta si determina con gli stessi procedimenti studiati nel paragrafo precedente per determinare la variazione stessa nella grossezza delle volte.

La grossezza delle piattabande invece è quasi sempre costante, e nelle ordinarie circostanze della pratica, particolarmente quando vi sono dei *sordini* al disopra di esse, usasi fare la grossezza, eguale alla dimensione massima del mattone, quando l'ampiezza della piattabanda non sorpassi 1 metro; eguale alla somma delle due dimensioni massima e media del mattone per ampiezze comprese fra m. 1 e m. 1,50; eguale a due volte la dimensione massima del mattone per ampiezze comprese fra m. 1,50 e m. 2; eguale alla somma di due volte la dimensione massima più la dimensione media del mattone, per ampiezze comprese fra m. 2, e 2,50; infine eguale a tre volte la dimensione massima del mattone per ampiezze comprese fra m. 2,50 e m. 3.

Quando la piattabanda non fosse costruita in mattoni, la sua grossezza si determinerebbe esprimendo in metri le dimensioni date dei mattoni, e ritenendo eguale a m. 0,24 la dimensione massima dei medesimi.

863. CARICO DA CUI È GRAVATA UNA VOLTÀ. — Il carico da cui è gravata una volta distingue in permanente e accidentale. Il permanente proviene dal peso del materiale impiegato nella costruzione della volta, e di tutto il sovraccarico che perennemente è sopra la volta, riempimento cioè e pavimento o suolo stradale, secondo che trattasi di volte per costruzioni civili, o per ponti. Conoscendo quindi il peso specifico di questo materiale ne sarà facile determinare il valore del carico permanente. Il carico accidentale invece varia a seconda della destinazione ultima della volta, se per ponti cioè o per costruzioni civili. E poichè nel primo di

questi casi, il carico accidentale è quello che dirò in avanti a gravitare sui ponti, nel secondo lo stesso carico è quello che gravita sui solai, così mi riservo al capitolo seguente e al seguente libro a dichiarare meglio il valore del carico accidentale di cui possono essere gravate le volte, occupandomi in essi particolarmente e dei solai e dei ponti.

864. GROSSEZZA DEI PIEDRITTI, E VERIFICAZIONE DELLA LORO STABILITÀ.

— Ricordando che la somma degli sforzi che risultano dal mutuo premersi dei cunei componenti una volta si riduce ad una spinta orizzontale e ad una pressione verticale, capaci, quella di produrre un movimento di scorrimento o di rotazione nel piedritto, questa d'aumentare la pressione di cui è già gravata la base del piedritto medesimo, e cagionare lo schiacciamento della stessa base, uopo è determinare la grossezza dei piedritti per modo da ovviare ai due movimenti progressivo e rotatorio, e da non valere a gravare la base del piedritto, e per unità di superficie, d'una quantità superiore al coefficiente di resistenza alla rottura per pressione, corrispondente al materiale della base e per la stessa unità di superficie.

E poichè i piedritti possono sostenere o una grossa volta, quali sono quelle dei ponti, o delle volte o degli archi o piattabande occorrenti negli edifici civili, così distinguerò due casi: il primo per la determinazione della grossezza dei piedritti che sostengono delle grosse volte, e della loro stabilità; il secondo per la determinazione della grossezza dei piedritti delle volte occorrenti nelle costruzioni civili, e della stabilità degli stessi, ritenendo sempre i piedritti di sezione rettangolare.

865. GROSSEZZA DEI PIEDRITTI CHE SOSTENGONO LE VOLTE DEI PONTI, E VERIFICAZIONE DELLA LORO STABILITÀ. — A determinare la grossezza dei piedritti per siffatte volte, e verificare ad un tempo la stabilità degli stessi piedritti, occorre:

1° « Stabilire una relazione da cui si desuma la grossezza del piedritto e la stabilità di questo per riguardo al movimento progressivo » che la spinta può in esso produrre. »

Ora considerando, che la sezione pericolosa per riguardo allo scorrimento, è quella determinata dal piano orizzontale AM che passa per lo spigolo A d'intradosso del giunto AH d'imposta fig. 110<sup>a</sup>, che lo scorrimento medesimo è prodotto dalla spinta S risultante dalla volta sul giunto d'imposta AH; e che allo stesso scorrimento si oppone il peso del solido murale e del sovraccarico permanente e accidentale che gravita sulla volta e sul giunto AM, unitamente all'attrito  $f$  che d'ordinario si calcola in questi casi di 0,57; dicendo

P, il peso della parte di volta e corrispondente sovraccarico, rappresentati da ABCDHA;

- G, il peso per metro cubo della muratura del solido AHDQM;  
 $\vartheta$ , l'angolo che il giunto d'imposta AH fa con la verticale condotta per il mezzo della chiave;  
 $\alpha$ , la lunghezza HA dello stesso giunto d'imposta;  
A, l'altezza MQ = pD del parallelepipedo MpDQ;  
 $x$ , la grossezza Mp dello stesso parallelepipedo;  
A', l'altezza pH del triangolo pAH base del prisma di muratura che gli corrisponde, ed eguali ad  $\alpha' \cdot \cos \vartheta$ ;  
 $\alpha \cdot \sin \vartheta$ , la base pA dello stesso prisma triangolare;  
 $r'$ , un coefficiente di stabilità relativo allo scorrimento, e variabile come vedemmo già altra volta fra  $\frac{4}{5}$  e  $\frac{2}{5}$ ; la relazione richiesta, valevole a verificare la stabilità e ad offrirci la grossezza MA del piedritto per ovviare allo scorrimento, è data da

$$S = r' f \left( P + G \cdot A \cdot x + \frac{1}{2} G \alpha^2 \cdot \sin \vartheta \cdot \cos \vartheta \right)$$

dalla quale si trae

$$x = \frac{r' f \left( P + \frac{1}{2} G \alpha^2 \cdot \sin \vartheta \cdot \cos \vartheta \right) - S}{G \cdot A} \quad (1)$$

Ad aumentare la resistenza allo scorrimento, particolarmente quando si adotta  $r' = \frac{2}{5}$ , e non vuolsi aumentare di molto la grossezza, usano alcuni costruttori di prolungare l'arcata nell'interno del piedritto, come dimostra nella parte punteggiata la stessa figura 110<sup>a</sup>, per così avere la sezione pericolosa mn al disotto della sezione orizzontale AM.

2° « Stabilire una relazione da cui si desuma la grossezza del piedritto, e la stabilità del medesimo per riguardo al movimento di rotazione. » Siccome è la spinta S unitamente al suo braccio di leva che produce la rotazione del piedritto attorno d'ordinario allo spigolo esterno F della sua base, così ne converrà anzitutto conoscere le componenti S e V, orizzontale cioè e verticale dell'azione R che la volta esercita sul giunto d'imposta AH, e il suo punto o d'applicazione, per così poter conoscere il braccio di leva o g della spinta S, ed aver quindi il momento della spinta medesima. Avuto questo momento ed osservando che al movimento di rotazione si oppongono i momenti dei pesi dei due solidi ABCDH ed EAHDQF, sarà facile determinare una relazione fra il momento della spinta e il momento resistente, da poterne dedurre e la grossezza  $x$  del piedritto, e la stabilità del medesimo.



- Dicendo quindi  $b$  il braccio di leva  $o g$  della spinta;  
 $P$ , il peso del solido che ha per base la fig. ABCDH, rappresentante la  
 volta e il suo sopraccarico;  
 $d$ , il braccio di leva di questo peso, ossia la distanza orizzontale dal cen-  
 tro di gravità dello stesso solido ABCDH, allo spigolo F di ruotazione;  
 $G$ , il peso per metro cubo del materiale del solido EAHDQF;  
 $A$ , l'altezza AE del solido EA  $p q$ ;  
 $A + A'$ , l'altezza FO =  $qD$  del solido FqDQ;  
 $x$ , la grossezza Mp = QD = Fq dello stesso solido;  
 $\frac{x}{2}$ , il suo braccio di leva per rispetto allo spigolo F;  
 $\alpha$ , ed  $\vartheta$ , la lunghezza del giunto d'imposta AH, e l'angolo che esso fa  
 con la verticale;  
 $a \cdot \cos. \vartheta$ ,  $a \cdot \sin. \vartheta$ , l'altezza H  $p$ , e la base  $p A$  del prisma triango-  
 lare A  $p H$ ;  
 $\left(\frac{1}{3} a \cdot \sin. \vartheta + x\right)$ , il braccio di leva dello stesso prisma rispetto allo  
 stesso spigolo F;  
 $\left(\frac{1}{2} a \sin. \vartheta + x\right)$ , il braccio di leva del solido qEA  $p$  per rispetto  
 allo stesso spigolo F;  
 $r'$ , un coefficiente di stabilità per la resistenza al rovesciamento, e varia-  
 bile fra  $\frac{2}{5}$  e  $\frac{4}{5}$ ;

la richiesta relazione di stabilità sarà espressa da

$$S. b = r' \left( P \cdot d + \frac{1}{2} G x^2 (A + A') + \frac{1}{6} G a^2 \sin. \vartheta \cdot \cos. \vartheta (a \cdot \sin. \vartheta + 3x) + \right. \\ \left. + G A a \sin. \vartheta \left( \frac{1}{2} a \sin. \vartheta + x \right) \right).$$

Da essa, ordinandola, si ricava un'equazione di secondo grado, che  
 offre il valore della grossezza  $x$ , e cioè

$$x^2 \left( \frac{1}{2} G (A + A') \right) + x \left( G a \cdot \sin. \vartheta \left( \frac{1}{2} a \cdot \cos. \vartheta + A \right) \right) = \\ = P \cdot d + \frac{1}{6} G a^2 \sin^2 \vartheta \left( a \cdot \cos. \vartheta + 3 A \right) - S. b. \quad (II)$$

Ordinariamente, dei due valori ottenuti di  $x$  per la resistenza allo  
 scorrimento e al rovesciamento del piedritto, si adotta il maggiore. Al-

cuni poi usano il valore di  $x$  ottenuto dalla relazione (i) per il livello dell'imposta AM, e l'altro valore di  $x$ , ossia quello ottenuto dalla relazione (ii) per la grossezza EF alle fondazioni, formando allora delle riseghe sull'altezza del piedritto, e alla sua faccia esterna MF.

3° « Verificare se l'ottenuta grossezza del piedritto non valga ad » aumentare di tanto la pressione sopra l'unità superficiale della stessa » base da superare il coefficiente di resistenza alla rottura per pressione » dovuto al materiale della base e per la stessa unità di superficie. » Per riuscire in ciò è d'uopo determinare anzitutto la distanza  $d'$  dal punto in cui la risultante R della spinta S e del peso P' dei solidi ora ora considerati incontra la base FE allo spigolo F, ed applicare quindi quella delle due relazioni accennate al paragrafo 841 che ne viene indicata dalla stessa  $d'$ , secondo che riesce eguale al  $\frac{1}{2}$  della determinata

grossezza del piedritto o al  $\frac{1}{3}$  della stessa grossezza; oppure riesce minore della stessa grossezza.

Occorre perciò comporre il parallelogramma delle forze S e P' a partire dal punto in cui la risultante R delle azioni che la volta esercita sul giunto d'imposta, incontra la verticale condotta per il centro di gravità del solido EABCQF, e determinare il centro di pressione, ossia il punto in cui la risultante R' di questo parallelogramma incontra la base FE, per così valutare la distanza  $d'$ , e poterci valere della più opportuna fra le due relazioni già accennate del paragrafo (841).

La stessa distanza però  $d'$  dallo spigolo di rotazione F al centro di pressione, si può anche determinare a mezzo dell'equazione dei momenti di tutte le forze applicate sul muro EABCQF, come abbiamo fatto allo stesso paragrafo (841), e supposto che all'appoggio sottostante alla base FE si sia sostituita la sua reazione.

E poichè la relazione o equazione dei momenti delle notate forze è espressa da

$$\text{S. b.} - \left\{ \begin{array}{l} + P. d \\ + \frac{1}{2} G x^2 (A + A') \\ + \frac{1}{6} G a^3 \text{sen.} \varnothing \cos. \varnothing (a \text{sen.} \varnothing + 3x) \\ + G A a \text{sen.} \varnothing \left( \frac{1}{2} a \text{sen.} \varnothing + x \right) \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} + P \\ + G x (A + A') \\ + \frac{1}{2} G a^3 \text{sen.} \varnothing \cos. \varnothing \\ + G A a \text{sen.} \varnothing \end{array} \right\} d' = 0$$

dicendo  $M$  la quantità posta entro la prima parentesi, ed  $N$  la quantità posta entro la seconda, la stessa equazione si esprime meglio con

$$S \cdot b - M + N \cdot d' = 0,$$

Da essa poi si trae

$$d' = \frac{M - S \cdot b}{N}$$

La quantità  $N$ , e conseguentemente il valore che le è proprio, rappresenta la componente normale alla base  $FE$  del piedritto, della risultante  $R'$  della spinta  $S$  e del peso  $P'$  dianzi notato; ed è il suo valore che entra nelle relazioni già notate del paragrafo (841), e dalle quali si deduce la massima pressione sull'unità superficiale della base del piedritto.

Dividendo quindi questa massima pressione ottenuta per il coefficiente di resistenza alla rottura per pressione, riferito allo stesso materiale e alla stessa unità superficiale, si ha nel quoziente il coefficiente di stabilità del piedritto. Ed il piedritto stesso sarà in buone condizioni di stabilità, quando il coefficiente or notato risulti eguale o minore di 0,10.

OSSERVAZIONE. — Quando il valore della distanza  $d'$  dal centro di pressione allo spigolo  $F$  di ruotazione, fosse maggiore dello spessore  $s$  ritrovato del piedritto, sarebbe segno che il piedritto stesso anzichè sullo spigolo  $F$ , ruoterebbe sullo spigolo  $E$ , ed in simil caso, al posto di  $d'$  nelle ricordate formole del paragrafo (841) è duopo sostituire  $s - d'$ .

Se la detta differenza riesce maggiore di  $\frac{1}{3} s$  si applica la relazione (i), se minore di  $\frac{1}{3} s$  la relazione (ii), dello stesso paragrafo (841) or citato.

866. GROSSEZZA DEI PIEDRITTI DELLE VÔLTE, ARCHI E PIATTABANDE CHE OCCORRONO NELLE COSTRUZIONI CIVILI. — Anche in questo caso, considerando le spinte e le pressioni verticali che possono agire sul piedritto, occorre:

1° « Determinare una relazione dalla quale si desuma la grossezza » del piedritto, e la sua stabilità per rapporto al movimento progressivo » o di scorrimento che le varie spinte agenti sul piedritto vi possono » produrre. » E siccome anche in questo caso lo scorrimento avviene sul piano orizzontale  $BA$  che passa per lo spigolo d'intradosso della vòlta o dell'arco, così la relazione di stabilità si avrà a verificare per rapporto a questo piano. Supponendo ora che al punto  $B$  del piedritto

s'imposti una volta o un arco o una piattabanda grossa all'imposta per BC, e lunga come vedesi in sezione orizzontale per B' B"; che il punto o sia il punto d'applicazione della risultante R delle azioni S e V che la volta o l'arco esercita sul piedritto; o' il punto d'applicazione della risultante R' delle spinte e dei pesi che il piedritto sopporta dalle opere tutte che trovansi superiormente al piano ED;  $\vartheta$  ed  $\vartheta'$ , gli angoli che le stesse risultanti R ed R' fanno con le orizzontali o e, o' E passanti ai loro punti rispettivi d'applicazione;

$x$ , la grossezza richiesta del piedritto;

$l$ , la lunghezza del piedritto, misurata parallelamente all'imposta

B' B" della volta o dell'arco;

$a$ ,  $a'$ , le altezze rispettive ND, NB;

$G$ , il peso per metro cubo di muratura;

$f$ , il coefficiente d'attrito fra muratura e muratura e che s'assume eguale a 0,57;

$r'$ , infine un coefficiente di stabilità variabile fra 2/5 e 4/5.

Siccome la spinta a cui è dovuto il moto progressivo è la somma algebrica delle due componenti orizzontali S ed S' delle risultanti già notate R ed R', e la resistenza allo stesso moto è offerta dall'attrito in una alla somma del peso P del solido ABDE insistente sul piano AB di scorrimento, e delle due componenti verticali V e V' delle sullodate risultanti R ed R', così la relazione a stabilirsi per dedurne la grossezza e la stabilità del piedritto, sarà

$$S + S' = r' f (P + V + V'). \quad (1)$$

ora, si ha:

$$S = R \cdot \cos. \vartheta; S' = R' \cdot \cos. \vartheta'; V = R \cdot \sin. \vartheta; V' = R' \cdot \sin. \vartheta';$$

$P = G \cdot l \cdot x \cdot (a - a')$ ; dunque la relazione (1) si tradurrà nella seguente

$$R \cdot \cos. \vartheta + R' \cdot \cos. \vartheta' = r' f (G \cdot l \cdot x (a - a') + R \cdot \sin. \vartheta + R' \cdot \sin. \vartheta')$$

dalla quale si ha, per la grossezza del piedritto,

$$x = \frac{1}{r' f G l (a - a')} (R \cdot \sin. \vartheta + R' \cdot \sin. \vartheta' - (R \cos. \vartheta + R' \cos. \vartheta'))$$

2° « Stabilire una relazione da cui si desuma la grossezza e la » stabilità del piedritto in riguardo al movimento di ruotazione. » Siccome questo movimento è prodotto dalla somma dei momenti delle due

componenti orizzontali S ed S', ed è impedito dal momento del peso del solido MNDE più la somma dei momenti delle due componenti verticali V e V', così fissato il punto M della base, e che è lo spigolo attorno al quale avviene ordinariamente la ruotazione, e detti

$b$ , la distanza verticale o N;

$b'$ , la distanza orizzontale o' D;

supponendo concentrato nel centro di figura il peso P del solido MNDE insistente sulla base MN =  $x$ ;

i momenti delle componenti S ed S' sono espressi da

$$R \cos \vartheta . b; R' . \cos \vartheta' . a;$$

il momento del peso del solido MNDE è espresso da

$$G l a x . \frac{1}{2} x = \frac{1}{2} G . a . l . x^2;$$

i momenti infine delle componenti verticali V e V' sono espressi da

$$R . \sin \vartheta . x; R' . \sin \vartheta' . (x - b')$$

e la ricercata relazione, essendo  $r'$  il noto coefficiente di stabilità da assumersi fra  $\frac{2}{5}$  e  $\frac{4}{5}$ , sarà espressa da

$$\begin{aligned} R . \cos \vartheta . b + R' \cos . \vartheta' . a = \\ = r' \left( \frac{1}{2} G a l x^2 + R . \sin \vartheta . x + R' . \sin \vartheta' (x - b') \right) \end{aligned}$$

dalla quale, ordinandola, si ricava un'equazione di secondo grado, che offre la grossezza  $x$ , espressa da

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} G a l r' . x^2 + x \left( R . \sin \vartheta . r' + R' . \sin \vartheta' . r' \right) = \\ = \left( R . \cos \vartheta . b + R' . \cos \vartheta' . a - R' \sin \vartheta' b' r' \right). \end{aligned}$$

Anche in questo caso, la grossezza  $x$  del muro ne viene offerta da due valori, uno cioè dall'equazione di stabilità per riguardo allo scorrimento, l'altro dall'equazione consimile per riguardo al rovesciamento, e il maggiore di essi sarà quello da adottarsi.

La stabilità del piedritto per riguardo al rovesciamento si può verificare anche graficamente. Basta perciò, nel punto  $m$  ove la R' incontra

la verticale GP condotta per il centro di gravità del piedritto, compiere il parallelogramma  $m s z v$  coi lati  $m s$ ,  $m v$  rispettivamente proporzionali alla risultante  $R'$ , e al peso  $P$  del piedritto; prolungare la diagonale  $m z$  fino allo scontro in  $n$  colla direzione di  $R$ , e compiere a partire da  $n$  il parallelogramma  $n s' z' v'$  coi lati  $n s'$  ed  $n v'$  proporzionali alla risultante  $R$ , e alla diagonale  $m z$ . Se la nuova diagonale  $n' z'$  incontra la base  $MN$  fra  $M$  ed  $N$ , il piedritto non rovescerà.

Alcuni stimano poco sicura la stabilità del piedritto, quando il punto  $O$ , in cui la base  $MN$  è incontrata dalla diagonale  $n z'$ , è ad una distanza  $OM$  da  $M$ , minore del  $\frac{1}{3}$  di  $MN$ . Ad assicurare la stabilità medesima

consigliano quindi, o di aumentare la grossezza del piedritto, o di scemare l'azione della spinta della volta o dell'arco, col mezzo di chiavi di ferro, i cui vantaggi, ed il modo di valersi di esse fu già notato al paragr. 716, *Libro Sesto*.

3° « Verificare se l'ottenuta grossezza del piedritto non valga ad » aumentare siffattamente la pressione massima sull'unità superficiale » della base, da superare il coefficiente di resistenza alla rottura per » pressione, stabilito per la stessa unità per generale consentimento dei » pratici. » Per riuscire in ciò ne occorre conoscere il centro di pressione, ossia il punto d'applicazione  $O$  della risultante  $n z' = R''$ , di tutte le forze che agiscono sul piedritto, per quindi determinare la distanza  $d$  dal punto  $O$  allo spigolo  $M$  di rotazione, ed applicare quella delle due relazioni notate al paragr. 841 che meglio si conviene per il valore di  $d$  in riguardo alla grossezza trovata  $s$  del piedritto.

In proposito, o si determina graficamente il punto  $O$  come operammo precedentemente componendo i due parallelogrammi  $m s z v$ ,  $n s' z' v'$  per indi determinare la distanza  $OM = d$ ; oppure si determina  $d$  a mezzo dell'equazione dei momenti di tutte le forze che agiscono sul piedritto  $MNDE$ , sostituendo la reazione che è propria dell'appoggio sottostante alla base, consimilmente a quanto operammo nel paragrafo precedente, e nel paragrafo 841. E poichè l'equazione dei detti momenti sostituendo  $s$  alla grossezza  $x$ , è espressa da

$$R \cdot \cos \vartheta \cdot b + R' \cos \vartheta' a - \frac{1}{2} G a l s^2 - R \cdot \sin \vartheta \cdot s - R' \sin \vartheta' (s-b) + \\ + (G a l s + R \cdot \sin \vartheta + R' \cdot \sin \vartheta') d = 0$$

così, la distanza  $d$  sarà data da

$$d = \frac{\frac{1}{2} G a l s^2 + R \sin \vartheta \cdot s + R' \sin \vartheta' (s-b) - R \cos \vartheta \cdot b - R' \cos \vartheta' a}{G a l s + R \cdot \sin \vartheta + R' \cdot \sin \vartheta'}$$

Trovato il valore della massima pressione di cui è gravata l'unità superficiale della base, si divide per il coefficiente di resistenza alla rottura per pressione riferito alla stessa unità superficiale, e se il quoziente, che dicesi coefficiente di stabilità, è maggiore di 0,1 il piedritto non è stabile.

867. GROSSEZZA A Darsi AI PIEDRITTI CHE SOSTENGONO DUE O PIÙ VOLTE OD ARGATE, IMPOSTATE AD EGUALE O INEGUALE ALTEZZA. — La grossezza di un piedritto in cui s'impostano ad eguale altezza due archi eguali, poichè le due spinte orizzontali S ed S' fig. 212<sup>a</sup> si elidono siccome eguali e contrarie, e non possono produrre nè scorrimento nè rovesciamento, così dipende solo dal peso che gravita sulla base, e il quale è dato dal peso P del piedritto, dai pesi delle due semivòlte o semiarchi a ed a', e da quello che le stesse semivòlte o semiarchi sopportano.

Siamo dunque nel caso di « ricercare la grossezza x che compete » ad un solido rettangolare lungo 1 metro, alto per la distanza verticale » dalla linea di base alla linea d'imposta degli archi o delle vòlte, per » reggere al proprio peso, a quello delle semivòlte o semiarchi, e a » quello infine che questi e quelle sopportano. »

Dicendo quindi

G, il peso per metro cubo del materiale del piedritto, lungo 1 metro;  
A, l'altezza del piedritto dall'imposta alla base;  
P', tutto il peso delle semivòlte e dei pesi che gravitano su di esse;  
R, il coefficiente di resistenza alla rottura per pressione, e per metro quadrato;

r', un coefficiente di stabilità variabile fra  $\frac{2}{5}$  e  $\frac{4}{5}$ ;

x, la ricercata grossezza;

per le relazioni stabilite al paragr. 363 *Libro Secondo*, si avrà la relazione d'applicazione per il presente caso, espressa da

$$G \cdot A \cdot 1^m \cdot x + P' = r' \cdot R \cdot 1^m \cdot x,$$

dalla quale si trae

$$x = \frac{P'}{r' R - GA}.$$

La grossezza d'un piedritto su cui s'impostano ad eguale altezza due vòlte o due archi eguali, aventi le corde in direzione perpendicolare fra loro, come avviene delle vòlte o degli archi impostati sui piedritti posti negli angoli delle costruzioni civili, dipende dal valore delle spinte S ed S' che le vòlte o gli archi producono sui piedritti medesimi.

E poichè le stesse spinte tendono a produrre scorrimento sulla linea  $a b$  d'ipotesi comune, e in direzione da  $o$  verso  $p$ , come dimostra la fig. 213<sup>a</sup>, della diagonale del parallelogramma  $o m R n$  costruito coi lati  $om, on$  proporzionali all'intensità delle rispettive spinte  $S$  ed  $S'$ ; e rovesciamento attorno ad una retta che passa alla base del piedritto in direzione del punto  $p$  e perpendicolare alla  $op$ , così occorrerà stabilire una relazione di stabilità, per ovviare a ciascun moto, e da queste relazioni trarne di poi la grossezza del muro.

Ora la relazione di stabilità per ovviare allo scorrimento, deve istituirsi fra la risultante  $R$  delle due spinte  $S$  ed  $S'$ , e l'attrito  $f$  unitamente al peso delle semivolte o semiarchi, al peso dei sovraccarichi di cui sono gravati, e a quello infine di tutta la muratura che s'innalza sulla stessa linea  $a b$ , senza gravitare sulle semivolte o sui semiarchi. La relazione invece di stabilità per ovviare al rovesciamento deve istituirsi fra il momento della stessa risultante  $R$ , e i momenti dei pesi ora accennati, più il momento del peso del piedritto, relativamente però tutti questi momenti all'asse di rotazione passante per  $p$ .

Finalmente la grossezza d'un piedritto su cui siano impostate ad eguale altezza tre volte o archi eguali, le cui corde, come dimostra la fig. 214<sup>a</sup> s'incontrano due  $a$ , ed  $a'$ , nella medesima direzione formando una sola linea retta, e la terza  $b$  in direzione perpendicolare alle prime due, si determina in relazione della spinta  $S$  che produce la volta o l'arco  $b$ , dacchè le spinte delle volte od archi,  $a$  ed  $a'$ , si elidono, essendo esse eguali, e contrarie per direzione.

Ora la spinta  $S$ , tende come vedesi, a produrre scorrimento sulla linea d'ipotesi  $a b$ , e rovesciamento sullo spigolo esteriore  $m m'$  della base del piedritto. Allo scorrimento però s'oppone l'attrito  $f$ , in una al peso di tutta la muratura che si innalza sulla linea  $a b$ , comprese le due semivolte o semiarchi  $a$  ed  $a'$  con tutto il sovraccarico di cui questi o quelle fossero gravati. Al rovesciamento, operando la spinta con un braccio di leva, che è la distanza verticale dal punto di sua applicazione alla linea  $m m'$  di base del piedritto, s'oppone invece il momento dei notati pesi. Che poi il peso delle semivolte o semiarchi  $a$  ed  $a'$ , ed il momento degli stessi pesi debbano considerarsi siccome forza resistente, basta a persuadercene l'osservazione che, se le spinte che da siffatte volte provengono si elidono per la contraria loro direzione, non è così però delle pressioni verticali che dalle stesse volte derivano, e che aumentando la pressione sulla linea d'ipotesi, e sulla base del piedritto, concorrono ad assodar questo, e ad ovviare ai due movimenti progressivo e rotatorio che la spinta  $S$  dell'arco o della volta  $b$  tende a produrre.

Determinate quindi le due relazioni di stabilità relativamente ai due



movimenti progressivo e rotatorio, si trae da esse la richiesta grossezza  $x$  del piedritto.

Stimando che i tre casi considerati per la grossezza dei piedritti su cui sono impostate due o più volte o archi, possano servire di sufficiente guida al lettore per quanti altri casi consimili siano per presentarglisi, mi astengo dallo studiarne dei nuovi, e m'occupo di preferenza delle formule empiriche per la determinazione della grossezza dei piedritti per volte, archi, o piattabande.

868. FORMULE EMPIRICHE PER LA DETERMINAZIONE DELLA GROSSEZZA A Darsi ai PIEDRITTI, DI VOLTÈ, ARCHI, O PIATTABANDE. — La lunga e buona pratica nell'arte del costruire, e l'esperimentata stabilità di molte opere d'arte delle quali hanno fatto parte volte od archi, hanno posto in grado parecchi costruttori di offrire una formula pratica, atta a determinare la grossezza che può convenire ad un piedritto di volta od arco, per i casi che più ordinariamente si possono presentare.

Non permettendomi però lo scopo di questa opera di segnalare tutte quante le formule che furon dettate all'uopo, mi limito a riferire quelle che si ebbero ed hanno tuttora il conforto della maggior applicazione, in omaggio certamente alla maggior sicurezza che esse presentano coi loro risultati.

Fra queste ricorderò anzitutto le formule del *Léveillé*, dettate più particolarmente per piedritti che fanno da spalle di ponti con volte a pieno centro, ad arco di circolo, o a mezza ovale o mezza ellisse.

Dicendo  $x$ , lo spessore del piedritto;

$d$ , la corda, o la distanza fra i piedritti;

$a$ , l'altezza del piedritto dal piano delle fondazioni alla linea d'imposta della volta o dell'arco;

$s$ , lo spessore o grossezza alla chiave;

$m$ , la monta della volta o dell'arco;

$A$ , l'altezza del suolo stradale, ossia la distanza verticale fra il piano delle fondazioni del piedritto e la superficie superiore del sovraccarico che sopporta la volta o l'arco; e la quale s'eguaglia ordinariamente alla somma  $a + m + s + 0^m,60$  rappresentando l'ultimo termine, l'altezza del materiale che forma la carreggiata della strada sostenuta dalle volte;

per una volta a pieno centro, si ha la grossezza del piedritto espressa, da

$$x = (0,60 + 0,162 \cdot d) \sqrt{\frac{a + 0,25 \cdot d}{A}} \times \frac{0,865 \cdot d}{0,25 \cdot d + s};$$

per una volta ad arco di circolo, la grossezza del piedritto è espressa da

$$x = (0,33 + 0,212 \cdot d) \sqrt{\frac{a}{A} \times \frac{d}{m+s}};$$

infine per una volta avente per intradosso una mezza ovale o mezza ellisse, la grossezza del piedritto è espressa, da

$$x = (0,43 + 0,154 \cdot d) \sqrt{\frac{a + 0,54 \cdot m}{A} \times \frac{0,84 \cdot d}{0,465 \cdot m+s}}$$

Il *Claudel*, nell'opera sua altre volte citata, ricorda da più di 30 volte per ponti di strade ordinarie o ferrate, la cui grossezza dei piedritti fu determinata colle formule del *Léveillé*.

Per la grossezza dei piedritti degli archi, *Rondelet*, ha dato un metodo grafico, da adoperarsi ancora per determinare la grossezza dei piedritti delle volte, purchè però siano esse come gli archi, estradosate di egual spessore, e qualunque sia la curvatura di questi e di quelle.

Rappresenti quindi la fig. 215<sup>a</sup> un arco di curvatura qualunque ma estradosato di egual spessore. Si conduca la circonferenza media FG, dal punto F la verticale FM, e dal punto G l'orizzontale GM. Dal punto M di scontro si conduca una secante alla curva dell'arco ma perpendicolare alla curva stessa, e dal punto K ove essa incontra la curva media FG si conduca l'orizzontale TKL, da intersecarsi in r con una verticale condotta dal punto B.

Si porti indi r K da K in m, la m L da B in h, e il doppio dello spessore della volta da B in n. Fatto centro nella metà di h n, e con raggio eguale a questa metà, si descriva un arco di circolo che intersechi in E l'orizzontale condotta per il punto B.

La distanza BE sarà la richiesta grossezza del piedritto.

Per maggior solidità poi, alla grossezza del piedritto, suolsi aggiungere  $\frac{1}{8}$  di BE.

Per determinare infine la grossezza dei piedritti delle piattabande, le quali abbiano il giunto d'imposta inclinato di 30° alla verticale, il *Milizia* suggerisce la formula seguente:

$$x = \sqrt{\left(\frac{S}{A}\right)^2 + \left(\frac{4m}{d} \times S\right)} - \frac{S}{A}$$

dicendo, x, la grossezza AG del piedritto, fig. 216<sup>a</sup>,

S, la superficie del trapezio ABHE;

A, l'altezza del piedritto, ossia la distanza verticale dal piano delle fondazioni allo spigolo A d'intradosso del giunto d'imposta;  
m, la perpendicolare CB, che si desume dalla conoscenza della  
d, distanza AD fra i piedritti, e base del triangolo equilatero ADC.

#### CAPITOLO IV.

##### Stabilità dei solai.

869. CONSIDERAZIONI GENERALI. — La stabilità d'un solaio dipende da due condizioni principalissime e cioè, 1° dalla migliore costruzione materiale del solaio, 2° dalle dimensioni e dalla distanza reciproca dei travi che ne formano la principale orditura e il principal sostegno.

Ora avendo già indicato al Cap. III del precedente libro le migliori norme per la materiale costruzione dei solai, mi occuperò qui della determinazione della loro stabilità in rapporto alle dimensioni dei principali elementi di cui sono formati, e al peso di cui i solai medesimi sono costantemente e accidentalmente gravati.

870. VERIFICAZIONE DELLA STABILITÀ D'UN SOLAIO. — Limitando siffatta verificaione alla stabilità d'un solaio per riguardo alla seconda delle due condizioni generali di stabilità di sopra enunciate, ossia alle dimensioni dei travi che lo sostengono, ed osservando, che i travi stessi, quantunque incastrati nel muro per le loro estremità, pure, e per quanto dissi al paragrafo 396 *Libro Primo*, si considerano siccome appoggiati al muro per gli estremi medesimi, è facile lo intendere che la stabilità d'un solaio, limitata alle dimensioni delle travi di sostegno, dipenderà particolarmente dalla resistenza, che per le dimensioni stesse, potranno presentare tutti i travi contro il carico di cui esse sono gravate.

E poichè il carico di cui è gravato un solaio, ammesso che sia distribuito uniformemente su tutta la sua superficie, si distribuisce ancora uniformemente su tutta la lunghezza d'ogni trave, co-i la stabilità del solaio dipenderà, da quella del trave, e per analogo ragionamento, da quella dei travicelli, sia che questi appoggino direttamente sui muri, sia che appoggino sulle grosse travi che hanno diviso il solaio in passine; e da quella dei tavoloni adoperati per formare il tavolato, o dei mattoni adoperati per l'ammattionato.

Considerando quindi e mattoni, e tavoloni, e travicelli, e travi, siccome solidi appoggiati tutti ai loro estremi, e gravati uniformemente per tutta la loro lunghezza, la relazione ad applicare per verificare rispettivamente la stabilità di ciascuno dei singoli pezzi che compongono l'armatura d'un

solaio, sarà quella medesima determinata al paragrafo 395 *Libro Primo*, e cioè

$$\frac{F' L^2}{8} = \frac{R \cdot T}{d}.$$

Ne sia quindi dato a determinare la stabilità d'un solaio da costruirsi sopra un'area rettangolare, di  $l^m$  di lunghezza, di  $b^m$  di larghezza, ossia di distanza fra i muri sui quali s'appoggiano le travi; volendo diviso il solaio in passine a mezzo di grosse travi, aventi  $p^m$  di larghezza,  $q^m$  di grossezza, e ponendole a  $x^m$  di distanza l'una dall'altra. Senza curarci per ora di sapere le dimensioni che debbono corrispondere ai travicelli che s'appoggeranno sulle travi, la distanza che dovrà essere fra di loro, e le dimensioni dei tavoloni o dei mattoni, occupiamoci anzitutto della stabilità del solaio per rispetto alla resistenza che presentar debbono le travi che dividono il solaio in passine.

E anzitutto il numero delle travi sarà dato da

$$n = \frac{l^m}{x^m + p^m}. \quad (1)$$

Dicendo quindi  $C$  il carico permanente e accidentale di cui è gravato il solaio, la porzione di questo carico che supporterà ogni trave, posto che esso sia distribuito uniformemente su tutta la superficie del solaio medesimo, sarà espresso da

$$\frac{C}{n} = \frac{C \cdot (x + p)}{l};$$

e il carico per unità di lunghezza, sopportato dallo stesso trave, essendo  $b^m$  la lunghezza d'ogni trave, sarà espresso da

$$\frac{C \cdot (x + p)}{l} : b = \frac{C \cdot (x + p)}{l \times b}.$$

Fatto ora  $\frac{C \cdot (x + p)}{l \times b} = P$ , ed osservando che per essere ogni trave di sezione rettangolare, il secondo membro della relazione suespressa  $\frac{F' L^2}{8} = \frac{R T}{d}$ , si trasforma, per quanto abbiamo veduto al paragr. 389

dello stesso *Libro Primo*, in  $\frac{1}{6} R a b^2$ , essendo  $p$  la larghezza  $a$  del trave, e  $q$  la grossezza  $b$ , la relazione di stabilità della trave, e che sarà al tempo stesso relazione di stabilità del solaio, sarà dato da

$$\frac{P \cdot b^2}{8} = \frac{1}{6} R \cdot p \cdot q^2,$$

significando  $R$  il coefficiente di resistenza alla rottura per flessione, quale venne indicato al paragr. 399 del *Libro Primo*.

Generalizzando la relazione di stabilità, si ottiene a sua espressione

$$\frac{C \cdot (x + p)}{l \times b} \times \frac{b^2}{8} = \frac{1}{6} R p \cdot q^2 \text{ (II)}.$$

Essa vale a determinare sia la grossezza  $q$  del trave quando ne siano note la larghezza  $p$  e la distanza  $x$ , sia, questa distanza medesima, quando, come d'ordinario avviene, si adoperano travi di larghezza  $p$  e grossezza  $q$  determinate.

Un procedimento consimile, cambiando il carico come dirò in avanti, ne offrirebbe il numero  $n'$  dei travicelli da appoggiarsi sulle travi, quella delle dimensioni  $p'$  o  $q'$  che di essi ne fossero ignote, o la loro distanza  $x'$ ; e la grossezza  $q''$  dei tavoloni o dei mattoni necessari al tavolato o all'ammattionato.

Si avverta però che le distanze  $x$  e  $x'$ , debbono essere contenute nei limiti indicati al paragrafo 639 del precedente *Libro*, e che ove i numeri  $n$  ed  $n'$  risultassero espressi da un numero frazionario, dovrebbe assumersi per loro valore quello del numero intero più prossimo.

Quando il solaio non si voglia o non occorra dividerlo in passine, la relazione (II) vale per i travicelli che debbono formare la prima orditura del solaio, essendo  $n$  la loro distanza,  $p$  e  $q$  la loro larghezza e grossezza.

Che se poi il solaio si dividesse in passine, la stessa relazione (II) varrebbe a determinare la larghezza  $p'$  o la grossezza  $q$  di ogni travicello, purchè però si modificasse il valore di  $P$  proveniente dal carico che graviterebbe su ogni unità di lunghezza dei travicelli. Ora questo nuovo peso sarebbe dato dal quoziente d'una divisione, avente per dividendo il prodotto del carico che gravita costantemente e accidentalmente su ogni metro quadrato dell'area del solaio per la superficie in metri quadrati del rettangolo avente per lati la lunghezza d'un travicello, e la distanza che corre fra i mezzi di due intervalli successivi fra i travicelli medesimi, e per divisore la lunghezza d'un travicello.

Con analoghe considerazioni ne sarà dato di determinare la porzione del carico che deve gravitare su ogni unità superficiale della superficie d'un tavolone o d'un mattone, e quindi per ogni unità lineare della rispettiva lunghezza, quando vogliasi applicare la ricordata relazione del paragrafo 395 per determinare la grossezza di ciascuno.

Nei solai in ferro, si usano le travi, le traverse e le spranghe che occorrono, e che già indicai nel paragr. 644 del precedente *Libro*, colle dimensioni che si traggono dall'applicazione della stessa relazione

$$\frac{F' L'}{8} = \frac{R T}{d}$$

e a seconda del carico che sopporta ciascuno degli indicati pezzi.

871. FORMULA PRATICA DI TREDGOLD PER DETERMINARE LA GROSSEZZA DELLE TRAVI E TRAVICELLI NEI SOLAI IN LEGNO. — *Tredgold* ha dato la formula seguente per determinare la grossezza delle travi che dividono un solaio in passine, e dei travicelli che debbono formare la prima orditura del solaio:

$$x = K \sqrt[3]{\frac{l^3}{b}}$$

nella quale  $x$  è la ricercata grossezza;

$l$ , la lunghezza della trave o del travicello;

$b$ , la larghezza dell'uno o dell'altro; e

$K$  un coefficiente numerico che ha i seguenti valori:

1° Per un solaio con travicelli, e senza che  $b$  possa essere inferiore a m. 0,05, si ha  $K = 0,0363$  se i travicelli sono di abete;  $K = 0,0376$  se essi sono di quercia:

2° Per un solaio diviso in passine, e senza che la distanza delle travi sia maggiore a 3 metri, si ha  $K = 0,0688$  se le travi sono di abete,  $K = 0,0711$  se le travi sono di quercia.

872. TAVOLA DEL BULLET PER LE DIMENSIONI DI SQUADRATURA DELLE TRAVI E DEI TRAVICELLI PER I SOLAI IN LEGNO. — L'ingegnere *Bullet* ha dato la seguente tavola per le dimensioni di squadratura delle travi e dei travicelli per i solai in legname, delle abitazioni ordinarie.

| TRAVI     |               | TRAVICELLI<br>non squadrati |               |          | TRAVICELLI<br>squadrati a spigoli vivi |               |          |
|-----------|---------------|-----------------------------|---------------|----------|----------------------------------------|---------------|----------|
| Lunghezza | Squadratura   | Lunghezza                   | Squadratura   | Distanza | Lunghezza                              | Squadratura   | Distanza |
| Metri     | Metri         | Metri                       | Metri         | Metri    | Metri                                  | Metri         | Metri    |
| 3,90      | 0,27 per 0,32 |                             |               |          |                                        |               |          |
| 4,87      | 0,30 » 0,36   |                             |               |          |                                        |               |          |
| 5,85      | 0,33 » 0,40   |                             |               |          | 4,87                                   | 0,16 per 0,22 |          |
| 6,82      | 0,35 » 0,44   | 2,92                        |               |          | 5,85                                   | 0,22 » 0,25   |          |
| 7,80      | 0,37 » 0,48   | a                           | 0,14 per 0,19 | 0,16     | 7,80                                   | 0,24 » 0,27   | 0,22     |
| 8,77      | 0,41 » 0,51   | 4,87                        |               |          | 8,12                                   |               |          |
| 9,75      | 0,43 » 0,56   |                             |               |          | 8,77                                   | 0,27 » 0,30   |          |
| 10,72     | 0,46 » 0,59   |                             |               |          |                                        |               |          |
| 11,70     | 0,49 » 0,62   |                             |               |          |                                        |               |          |
| 12,78     | 0,51 » 0,65   |                             |               |          |                                        |               |          |

**873. CARICO CHE GRAVITA SUI SOLAI.** — Il carico che gravita sui solai si distingue in permanente o fisso, e invariabile o accidentale. Il primo varia per i differenti pezzi di cui è composta l'armatura o l'orditura del solaio. Il carico permanente per rispetto ai grossi travi che dividono il solaio stesso in passine, è dato dal peso di tutta l'armatura di legname di cui è composto il solaio, dal peso del tavolato o ammattonato che riposa sull'armatura, dal peso del riempimento adoperato, dal peso del materiale impiegato nel pavimento, e infine dal peso del soffitto assicurato alle travi del solaio medesimo. Il carico permanente invece del solaio per rispetto agli altri pezzi del solaio medesimo, travicelli, tavoloni o mattoni, è dato dagli elementi medesimi or ora considerati meno il peso di quelli che servono d'appoggio ai pezzi, per rispetto ai quali si vuol determinare il carico del solaio. E poichè di tutti i materiali adoperati nella composizione d'un solaio, ho presentato nel corso dell'opera, e in apposita tabella, i rispettivi pesi specifici, così parmi sia cosa abbastanza facile la traduzione in chilogrammi del carico permanente.

Il carico accidentale poi dipende dalla destinazione del solaio. Nei solai per abitazioni civili si calcola un peso accidentale variabile fra i 280 e i 350 chilogrammi per ogni metro quadrato, secondo che può in esso radunarsi un medio o un gran numero di persone. Nei solai invece adoperati per granai il carico accidentale è dato dal peso corrispondente al volume del grano da conservarvi; volume che si deduce da quanto dissi già al paragr. 746 del precedente *Libro*.

## CAPITOLO V.

### Stabilità delle incavallature per tetti e dimensioni delle parti che le compongono.

**874. CONSIDERAZIONI GENERALI.** — Le incavallature dei tetti, per quanto dissi già al Cap. VII del precedente *Libro*, si hanno a considerare come connessioni rigide di legno o ferro, capaci di sostenere degli sforzi provenienti dal peso di cui sono gravate, e con maggiore o minore resistenza secondo le dimensioni dei pezzi o delle parti che le compongono.

Affine quindi di determinare queste dimensioni e assicurare la stabilità del sistema, ne occorre anzitutto valutare gli sforzi che il sistema medesimo e le sue parti sopportano, non che le pressioni verticali che le parti stesse e tutto il sistema esercitano sui principali punti d'appoggio. E perchè sia agevolata la soluzione di quei problemi che inten-

dono a questo fine, prevenendo essere costumanza nei pratici di trascurare la rigidità delle molteplici congiunzioni del sistema, e l'attrito che il sistema medesimo incontra nei vari punti d'appoggio, bene sapendo che entrambe queste due resistenze, concorrono sempre a favorire maggiormente la stabilità del sistema, ossia delle incavallature.

875. DETERMINARE GLI SFORZI CHE SOPPORTA, ED ESERCITA SUI SUOI APPOGGI, UN TRAVE O PUNTOLE, IL QUALE FERMATO CON L'ESTREMO INFERIORE IN UNA TRAVE ORIZZONTALE, E APPOGGIATO CON L'ALTRO ESTREMO AD UNA PARETE VERTICALE, È GRAVATO D'UN PESO  $P$  UNIFORMEMENTE DISTRIBUITO SULLA SUA LUNGHEZZA; E DETERMINARE LE DIMENSIONI DELLA SUA SEZIONE RETTA. — Sia il trave o puntone  $AB$ , figura 217<sup>a</sup>, fermato coll'estremo  $A$  alla trave orizzontale  $AC$ , e appoggiato coll'altro estremo alla parete verticale  $BC$ , essendo il trave gravato d'un peso  $P$  uniformemente distribuito su tutta la lunghezza. È chiaro che in causa al peso  $P$  di cui è gravato il puntone  $AB$ , e che puossi considerare siccome concentrato nel suo centro di gravità esso tenderà a spingere orizzontalmente tanto la parete  $BC$  quanto la trave  $AC$ , premendo al tempo stesso, e verticalmente, la stessa trave  $AC$ . Ora, e allo scopo di determinare questi differenti sforzi, si supponga scomposto il peso  $P$  in due forze ciascuna eguale a  $\frac{1}{2} P$ , e applicate l'una in  $B$ , l'altra in  $A$ . La forza

$\frac{1}{2} P$  però applicata in  $B$  non potrà che scomporsi in due forze, l'una  $S$  normale alla parete  $BC$  e rappresentante la pressione o la spinta orizzontale esercitata contro di essa; l'altra  $T$  parallela alla direzione del puntone, e la quale tenderà a comprimerlo nella direzione della di lui lunghezza. Intendendo quindi trasportato in  $A$  il punto d'applicazione di questa componente  $T$ , e scomponendola nelle due nuove forze  $S'$  e  $V$  è chiaro che il punto  $A$  sarà gravato verticalmente dalla somma delle due forze  $\frac{1}{2} P$ . +  $V$ .

E siccome per l'equilibrio del puntone le due forze o spinte orizzontali  $S$  ed  $S'$  debbono elidersi, così la pressione verticale  $V$  sarà eguale a  $\frac{1}{2} P$ , e il punto  $A$  sarà gravato di tutto il peso  $P$ .

Adunque per l'equilibrio stesso, si verificherà ancora l'equazione

$$P \cdot AM = S \cdot BC, (1), \text{ essendo } P, \text{ ed } S$$

le forze, che applicate la prima nel centro di figura del trave, la seconda nel punto  $B$  tendono a far ruotare da parti opposte, lo stesso trave o puntone  $AB$  attorno al punto  $A$ .



Supponendo il trave di figura regolare, il suo centro di gravità cadrà nel mezzo della sua lunghezza, e dicendo  $l$  la proiezione orizzontale AC del trave stesso,  $m$  la differenza di livello BC dei due punti A e B del medesimo, la relazione (i) si trasforma nella seguente

$$P \cdot \frac{l}{2} = S \cdot m$$

dalla quale si trae

$$S = S' = P \cdot \frac{l}{2m}$$

Da quanto precede si deduce

1° che il punto A è gravato di tutto il peso P della trave o puntone AB.

2° che le spinte orizzontali S ed S' che esso esercita nei due punti A e B sono eguali e contrarie.

3° che il valore della spinta stessa, è tanto più grande, quanto più lo sarà il peso P, e quanto minore sarà la notata differenza BC di livello.

OSSERVAZIONI. — 1ª Determinando la risultante R delle due forze S e V, s'ottiene il valore della pressione che il puntone AB esercita contro il sostegno AC nel punto A.

Adunque l'indicata pressione sarà data da

$$R = \sqrt{S^2 + V^2} = P \cdot \sqrt{1 + \frac{l^2}{4m^2}}$$

2ª Per determinare le dimensioni della sezione retta del puntone AB, è duopo prima conoscere a quali sforzi egli è sottoposto. Ora, e poichè gli sforzi stessi provengono dal peso P, e questo, comunque supposto applicato nel mezzo della lunghezza L del puntone, agisce però nella direzione della verticale, così converrà decomporre lo stesso peso nelle due forze  $o n$ ,  $o p$ , normale la prima alla lunghezza del puntone, e alla quale sarà dovuta l'inflessione del puntone medesimo; parallela l'altra alla direzione della lunghezza del puntone, e alla quale sarà dovuta la di lui compressione nel senso della stessa lunghezza; compressione però, che, com'è facile lo intendere, aumenta sempre più a misura che s'avvicina al punto A, in causa al peso del puntone. Ad avere quindi il valore di queste due componenti, basta osservare che per la somiglianza dei triangoli  $o n P$ , ABC si hanno le proporzioni

$$o n : P :: AC : AB$$

$$n p : P :: BC : AB$$

$$\text{da cui } o n = P \frac{AC}{AB} = P \cdot \frac{l}{L}; \quad n p = P \frac{BC}{AB} = P \cdot \frac{m}{L}$$

Conosciuti così lo sforzo  $P \cdot \frac{l}{L}$  tendente a inflettere il corpo, e lo sforzo  $P \cdot \frac{m}{L}$  tendente a comprimerlo nel senso di sua lunghezza, si potranno determinare le dimensioni della sua sezione retta.

Essendo difatti il puntone appoggiato nei suoi due estremi, e gravato uniformemente della componente normale del peso  $P$  su tutta la sua lunghezza, ed espressa da  $P \cdot \frac{l}{L}$ , potrà essa suppersi concentrata nel mezzo della lunghezza medesima, e le dimensioni della sezione retta ne verranno offerte dalla relazione del paragrafo 395 *Libro Primo*, e perciò da

$$\frac{FL^2}{8} = \frac{RI}{d} = P \cdot \frac{l}{L} \times \frac{L^3}{8} = \frac{RI}{d}$$

la quale per un solido a sezione rettangolare ed avente  $a$  e  $b$  per dimensioni di larghezza e grossezza, si modifica e si trasforma in

$$P \cdot \frac{l}{L} \times \frac{L^3}{8} = \frac{1}{6} R a b^3, \text{ da cui}$$

$$a b^3 = \frac{3}{4} \frac{P l L}{R};$$

per un solido a sezione di doppio T, colle dimensioni indicate nella fig. 15<sup>a</sup> *Prima Parte*, la relazione sullodata si trasforma in

$$P \cdot \frac{l}{L} \times \frac{L^3}{8} = \frac{1}{6} R \left( \frac{a b^3 - 2 a' b^3}{b} \right), \text{ da cui}$$

$$a b^3 - 2 a' b^3 = \frac{3}{4} \cdot \frac{P \cdot l L}{R}$$

Le dimensioni della stessa sezione retta del puntone per ovviare alla compressione a cui è sottoposta dalla forza  $P \frac{m}{L}$ , si determinano colla relazione  $F = f \cdot AR$ , del paragrafo 363 *Libro Primo*, nella quale  $F$  rappresenta la forza comprimente,  $f$  un coefficiente di stabilità eguale a  $\frac{1}{10}$  pei legnami, e fra  $\frac{1}{6}$  e  $\frac{1}{4}$  pei metalli,  $A$  la sezione retta del puntone, ed  $R$  il coefficiente di resistenza alla rottura per pressione. Però, e siccome si è già avuta la sezione retta del puntone, così parmi assai più conveniente, anzichè determinare una nuova sezione, verificare se quella che si è già ottenuta, resiste alla compressione proveniente dalla parallela del peso  $P$ , già determinata ed espressa da  $P \cdot \frac{m}{L}$ .

3ª Un' ultima osservazione è a farsi tanto per riguardo alle due dimensioni  $a$  e  $b$ , larghezza e grossezza, della sezione retta del puntone, quanto per riguardo al peso  $P$ . Per riguardo alle due dimensioni avverto, che potendo usare legnami non lavorati e legnami lavorati colla scure, o squadrati colla sega, comunemente si adotta fra le dimensioni il rapporto seguente:

Pei legnami non lavorati . . . . .  $a = b$   
 Pei legnami lavorati colla scure . . . . .  $a = 0,9. b$   
 Pei legnami squadrati a 4 spigoli vivi colla sega  $a = 0,75. b$ .

Per riguardo poi al peso è da avvertirsi che avendolo supposto uniformemente distribuito, in esso  $P$  è compreso ancora il peso dello stesso puntone.

Perciò detto  $p$  il peso per metro cubo del trave o puntone,  $p'$  un altro peso di cui è gravato il puntone per ogni metro di sua lunghezza, ed  $L$  la lunghezza del puntone, il dato peso  $P$  è eguale a  $(p + p') \cdot L$ .

876. DETERMINARE GLI SFORZI SOPPORTATI, ED ESERCITATI NEI LORO APPOGGI DAI DUE PUNTONI, E DALLA CATENA D'UNA INCAVALLATURA TRIANGOLARE, UNITAMENTE ALLE DIMENSIONI DELLE RISPETTIVE SEZIONI RETTE, ESSENDO I PUNTONI GRAVATI DA UN PESO  $P$  UNIFORMEMENTE DISTRIBUITO SULLA LORO LUNGHEZZA. — Rappresenti la fig. 218ª l'incavallatura di cui è parola, e siano  $L$  la lunghezza di ciascun puntone,  $l$  la lunghezza della catena  $AC$ , ed  $m$  l'altezza  $BD$  dell'incavallatura. Anzitutto, e poichè i due puntoni  $AB$  e  $BC$  si possono considerare siccome travi che infisse negli estremi  $A$  e  $C$  d'una trave orizzontale, sono appoggiate coll'altro estremo ad una parete verticale  $BD$ , e gravate d'un peso  $P$  uniformemente distribuito sulla rispettiva lunghezza, così:

1° Le due spinte orizzontali che i due puntoni esercitano nel punto B, sono eguali e contrarie;

2° Ciascuno dei punti A e C è gravato verticalmente da tutto il peso P di cui è gravato il rispettivo puntone;

3° La spinta orizzontale che ciascun puntone esercita nei rispettivi punti A e C è espressa da

$$S = P \cdot \frac{l}{4m},$$

per cui a parte il peso P, la spinta stessa sarà tanto più grande quanto più lunga sarà la catena, o più grande l'ampiezza o portata dell'incavallatura, e quanto più piccola l'altezza  $m$  della stessa incavallatura.

4° Ciascun puntone sarà obbligato a inflettersi in causa della componente normale del peso P, ed espressa da

$$P \frac{l}{2L}$$

e supporterà uno sforzo di compressione nella direzione della sua lunghezza, in causa alla componente dello stesso peso P, parallela alla direzione medesima, ed espressa da

$$P \frac{m}{L}$$

sforzo questo che acquista sempre maggior valore, mano mano, come dissi già, che s'avvicina alle sezioni del puntone in A e C, in causa sempre al peso degli stessi puntoni.

Conosciuti così gli sforzi sopportati dai puntoni, se ne possono determinare le rispettive sezioni rette colla applicazione delle relazioni già ricordate al paragrafo precedente, e cioè

$$\frac{F L^2}{8} = \frac{R I}{d}; F = f \cdot A R.$$

5° Infine la risultante R della spinta S esercitata da ciascun puntone nei rispettivi punti A e C, e del peso P di cui gli stessi punti sono gravati da ciascun puntone, esprime la reazione degli stessi punti A e C, eguale e contraria alla pressione che ciascun di essi sopporta dal rispettivo puntone.

Non rimane ora a determinare altro che gli sforzi a cui è sottoposta la catena, e le dimensioni della sua sezione retta.

Gli sforzi a cui è sottoposta la catena sono due, uno cioè di trazione proveniente dalla spinta  $S = P \frac{l}{4m}$  che ciascun puntone esercita in ciascuna delle estremità della catena, l'altro di flessione, cagionato dal peso stesso della catena, la quale perciò è a considerarsi come un solido appoggiato nei suoi estremi, e gravato d'un peso uniformemente distribuito per tutta la sua lunghezza.

Le relazioni quindi a stabilirsi per determinare le sue dimensioni sono, l'una per la resistenza alla trazione ed espressa da  $F = f \cdot AR$ , nella quale,

$F$  rappresenta la forza traente o spinta  $S = P \cdot \frac{l}{4m}$ ,

$f$ , un coefficiente di stabilità eguale a  $\frac{1}{10}$  pei legnami,

$A$ , la sezione  $a b$  del puntone, essendo  $a$  la sua larghezza,  $b$  la sua grossezza,

$R$ , infine il coefficiente di resistenza alla rottura per trazione espresso nella tabella del paragrafo 341 tanto per il legname che per il ferro. Sostituendo nella suespressa relazione i valori della spinta e delle dimensioni della sezione retta, si avrà la relazione

$$P \frac{l}{4m} = f \cdot a \cdot b \cdot R,$$

dalla quale si ricava il valore della sezione retta espresso da

$$a \cdot b = \frac{P \cdot l}{4m f R}.$$

L'altra relazione a stabilirsi per ovviare alla flessione della catena, e dedurne quindi le dimensioni della sua sezione retta, è quella medesima già stabilita nel precedente paragrafo, e cioè  $\frac{FL^2}{8} = \frac{RI}{d}$

essendo pure in questo caso il carico  $F = \frac{1}{2} p \cdot l$ ; se  $p$  è il peso distribuito uniformemente su tutta la lunghezza della catena, e che come si sa si riduce a  $\frac{1}{2} p \cdot l$  applicato nel mezzo.

La novella relazione sarebbe quindi

$$p \frac{l^3}{8} = R \frac{I}{d}$$

la quale, sostituendo ad  $\frac{I}{d}$  il suo valore per una sezione rettangolare di dimensioni  $a$  e  $b$ , e a  $p$  il suo valore, dicendo  $G$  il peso del trave per metro cubo, si trasforma nella seguente

$$\frac{G a b l^3}{8} = \frac{1}{6} R a b^3, \text{ da cui}$$

$$a b = \frac{3}{4} \frac{G a l^3}{R}$$

Il *Claudel* propone che le dimensioni della catena si abbiano a determinare dalla somma delle due relazioni qui ritrovate, e cioè colla nuova relazione

$$a b = \frac{P l}{4 m f R} + \frac{3}{4} \frac{G a l^3}{R}$$

OSSERVAZIONE. — Spesso la catena, oltre il proprio peso sostiene ancora il carico che le viene da un solaio che usato per granaio o per altro qualunque servizio, distribuisce uniformemente un nuovo peso sulla catena.

Anche in simili casi, è sempre ad applicarsi la relazione già ricordata  $\frac{F l^3}{8} = \frac{R \cdot I}{d}$ , coll'avvertenza però che ad  $F$  corrisponde la somma dei due pesi  $p$  (peso per ogni metro cubo del puntone) e  $p'$  (peso uniformemente distribuito su ogni unità di lunghezza del trave stesso).

877. FORMULE PRATICHE PER DETERMINARE LA SEZIONE RETTA D'UN PUNTONE IN LEGNAME PER LE ORDINARIE INCAVALLATURE. — Il colonnello *Ardant* del Genio militare francese, ha dato la formula seguente per determinare la sezione retta d'un puntone in legname per le ordinarie incavallature :

$$a b^3 = P (0,000001116 + 0,00000107 l).$$

In essa,  $a$  e  $b$  rappresentano la larghezza e la grossezza del trave,  $P$  il peso di cui esso è gravato uniformemente per ogni unità di sua lunghezza,  $l$  la mezza catena dell'incavallatura.

Il *Curioni*, nella sua opera altra volta ricordata, e nel volume delle *Costruzioni civili*, esprime le stesse dimensioni  $a$  e  $b$  colla Tavola seguente:

| Distanza<br>orizzontale<br>degli<br>appoggi | Dimensioni della sezione retta dei puntoni allo stato |                                                |       |                                          |       |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------|------------------------------------------|-------|
|                                             | di legname greggio<br>$a = b$                         | di legname grossamente squadrato<br>$a = 0,9b$ |       | di legname a spigoli vivi<br>$a = 0,75b$ |       |
|                                             | $a = b$                                               | $b$                                            | $a$   | $b$                                      | $a$   |
|                                             | Metri                                                 | Metri                                          | Metri | Metri                                    | Metri |
| 2,50                                        | 0,153                                                 | 0,152                                          | 0,137 | 0,149                                    | 0,112 |
| 3,00                                        | 0,173                                                 | 0,171                                          | 0,154 | 0,168                                    | 0,126 |
| 4,00                                        | 0,209                                                 | 0,207                                          | 0,186 | 0,204                                    | 0,153 |
| 5,00                                        | 0,243                                                 | 0,240                                          | 0,216 | 0,237                                    | 0,178 |
| 6,00                                        | 0,274                                                 | 0,270                                          | 0,243 | 0,261                                    | 0,200 |
| 7,00                                        | 0,303                                                 | 0,300                                          | 0,270 | 0,296                                    | 0,222 |
| 8,00                                        | 0,332                                                 | 0,328                                          | 0,295 | 0,324                                    | 0,243 |

Lo stesso *Curioni* avverte che per le coperture in lamiera di rame o di zinco, i valori di  $b$  che trovansi nella tavola si possono anche diminuire di m. 0,04, ed assumere i corrispondenti valori di  $a$  in modo che essi risultino  $a = b$ ,  $a = 0,9b$   $a = 0,75b$  secondo che il legname sia greggio, squadrato grossamente, o a spigoli vivi; e per le coperture in ardesie sottili o piombo gli stessi valori di  $b$  si possono diminuire di m. 0,02.

878. OSSERVAZIONE A FARSI SULLE DIMENSIONI DELLA SEZIONE RETTA D'UNA CATENA D'INCAVALLATURA, QUANDO ESSA SIA DI FERRO PER CAUSA ALLE VARIAZIONI DI TEMPERATURA. — Anzitutto è bene avvertire, che le catene in ferro, non sopportando mai un sovracarico proveniente da un solaio, hanno le loro dimensioni determinate in funzione della tensione esercitata dai puntoni sulle sue estremità, e in funzione della flessione che tende ad esercitare sul suo mezzo il peso della stessa catena, nel mezzo stesso concentrato. Per riguardo poi agli effetti che le variazioni di temperatura producono sulla catena si osservi, che accorciandosi il ferro di 0,0000122 della sua lunghezza per ogni grado centigrado di raffreddamento, per una diminuzione di temperatura segnata dalla differenza  $(t - t')$ , l'accorciamento sarà dato da

$$0,0000122 (t - t').$$

E poichè una verga di ferro di 1 metro quadrato di sezione s'allunga di 0,00066 di sua primitiva lunghezza sotto uno sforzo di 12205000

chilogrammi, così per ogni grado centigrado di diminuzione di temperatura, una catena, o verga di ferro che abbia A metri quadrati per sezione tenderà a restringersi con una forza espressa da

$$\frac{0,0000122 \text{ A}}{0,00066} \times 12205000,$$

e per una diminuzione espressa da  $(t - t')$  la tendenza a restringersi sarà espressa da

$$\frac{0,0000122 \text{ A}}{0,00066} \times 122\,5000 (t - t').$$

Fatta ora questa tendenza eguale a T, e determinata la spinta  $S = P \frac{l}{4m}$  a cui è sottoposta la catena per causa dei puntoni, e lo sforzo corrispondente sostenuto da ciascun metro quadrato della sezione A della stessa catena, ed espresso da  $\frac{S}{A}$ , per la stabilità è necessario che questo sforzo unitario, aumentato di quello che corrisponde alla variazione di temperatura, sia al più eguale alla tensione che corrisponde al limite d'elasticità che è di 1000000 di chilogrammi per metro quadrato di sezione.

Adunque, perchè il tiraute resista alla tensione dovuta alla spinta dei puntoni, e alla tensione dovuta alla contrazione si dovrà verificare la relazione

$$1000000 = \frac{S}{A} + T,$$

dalle quali si trae

$$10000000 \cdot A = P \frac{l}{4m} + T \cdot A, \text{ ed}$$

$$A = \frac{P \cdot l}{4m (10000000 - T)}.$$

È da avvertirsi poi che siffatta variazione nella tensione a cui è sottoposta una catena di ferro si calcola per le incavallature poste in luoghi aperti, e a diminuirne gli effetti, è bene erigere le stesse incavallature piuttosto nell'inverno che nell'estate. Per le incavallature poste in luoghi



chiusi, d'ordinario non si tien conto della variazione di tensione nella catena dovuto all'abbassamento di temperatura, quando questo sia minore di  $15^{\circ}$ .

879. DETERMINARE GLI SFORZI SOPPORTATI DAI PUNTONI, DALLA CATENA, DAL MONACO, E DALLE RAZZE, O GAMBE DI FORZA DI UNA INCAVALLATURA, UNITAMENTE ALLE DIMENSIONI DELLE RISPETTIVE LORO SEZIONI RETTE, ESSENDO I PUNTONI GRAVATI DA UN PESO  $P$  UNIFORMEMENTE DISTRIBUITO SULLA LORO LUNGHEZZA. — Gli sforzi sopportati dai puntone e dalla catena dell'incavallatura presentata dalla fig. 219<sup>a</sup>, si determinano come al paragr. 873.

Per ciò poi che riguarda la determinazione degli sforzi sopportati dalle razze o gambe di forza *on*, *on*, si osservi, che avendo esse per ufficio d'impedire la flessione del rispettivo puntone  $AB$ ,  $BC$ , debbono sopportare la pressione proveniente dal peso che tende a flettere lo stesso puntone. E poichè per quanto si vidde al paragr. 872, detta forza o peso tendente a flettere ciascun puntone è la componente normale alla lunghezza del puntone medesimo dal peso  $P$  uniformemente distribuito sul puntone, ed espressa da  $P \frac{l}{L}$ , dicendo  $l$ ,  $L$  le lunghezze rispettive della semicatena  $AC$ , e dello stesso puntone; così ciascuna razza dovrà sottostare alla compressione, nella direzione della rispettiva lunghezza, dello stesso peso

$$P \frac{l}{L}.$$

Ciò però fino a quando la stessa razza sia disposta normalmente alla lunghezza del puntone, e connessa a questo nel di lui mezzo.

Quando però la razza avesse un'altra direzione, varierebbe del pari il valore della forza o peso comprimente, dacchè non sarebbe che una frazione del peso stesso, rappresentata dalla componente di esso diretta secondo la direzione della stessa razza. Ora, e poichè in simil caso si offrirebbe l'esempio d'un puntone appoggiato nei suoi due estremi, gravato nel mezzo dal peso  $P \frac{l}{L}$ , e sostenuto in altra direzione da un

appoggio o razza, che fa un dato angolo  $\alpha$  colla normale al punto di mezzo del puntone, il valore della porzione di peso comprimente la stessa razza, rappresentando colla  $BC$ , fig. 220<sup>a</sup>, il puntone appoggiato negli estremi  $B$  e  $C$ , gravato normalmente alla sua lunghezza dal peso  $MP = P \frac{l}{L}$ , nel suo punto di mezzo, e sostenuto anche nello stesso

da una razza MN, facente l'angolo  $NMP = \alpha$  colla direzione del peso, sarà espresso da

$$P \cdot \frac{l}{L} \cdot \frac{MN}{MP},$$

e per la similitudine dei triangoli MNP, BDC, essendo

$$MN : MP :: BC : BD :: L : m,$$

lo stesso valore sarà meglio espresso da

$$P \cdot \frac{l}{L} \cdot \frac{L}{m} = P \cdot \frac{l}{m}.$$

Determinato così lo sforzo comprimente, si determinano le dimensioni della sezione retta del puntone, applicando la relazione

$$F = f \cdot AR.$$

Per determinare infine le dimensioni della sezione retta del monaco si osservi, che elidendosi le componenti orizzontali della pressione di cui è gravata ciascuna razza, non rimane il monaco che sottoposto alla trazione delle due componenti verticali delle stesse pressioni, più alla trazione sofferta dalla staffa di ferro a cui s'appoggia la catena, quando questa per mancata resistenza, si piega, o si flette in causa del peso di cui è gravata.

Ora a valutare le componenti verticali delle pressioni che gravitano sulle due razze, si dica  $b$  l'angolo  $onB$  che le razze fanno con la direzione BC del puntone,  $\alpha$  l'angolo BCD che fa lo stesso puntone coll'orizzontale; nel triangolo BDC, si ha angolo  $B = 90^\circ - \alpha$  e nel triangolo  $oBn$  si ha l'angolo in  $o = 180^\circ - onB - nBo = 180 - b - (90^\circ - \alpha) = 90 - (b - \alpha)$ . Si decomponga ora la pressione che gravita sulla razza, e che espressa da  $P \frac{l}{m}$  è rappresentata dalla stessa razza  $on$ , nelle due componenti  $ns$ ,  $so$ , essendo la componente verticale  $so = on \cdot \cos. 90^\circ - (b - \alpha) = P \cdot \frac{l}{m} \cdot \sin. (b - \alpha)$  entrambe le due componenti varranno  $2P \cdot \frac{l}{m} \cdot \sin (b - \alpha)$ ; e tutta intera la trazione del monaco, essendo  $p$  il peso di cui è gravata uniformemente la catena per tutta la sua lunghezza  $l$ , sarà espressa da

$$2P \frac{l}{m} \cdot \sin (b - \alpha) + \frac{1}{2} pl.$$

Conosciuto così lo sforzo di trazione a cui è sottoposto il monaco, se ne potranno determinare le dimensioni della sua sezione retta, applicando la già nota relazione

$$F = f \cdot AR.$$

OSSERVAZIONI. — 1<sup>a</sup> Siccome i puntoni sono sottoposti alla massima flessione nei punti  $m$  ed  $n$ , e sono essi i principali pezzi d'una incavallatura, così è buon consiglio di connettere ad essi le razze negli stessi punti  $m$  ed  $n$  non solo, ma in direzione normale alla loro lunghezza, per aver così le razze gravate da tutta la componente normale alla lunghezza dei puntoni, del peso  $P$  da cui sono gravati uniformemente.

2<sup>a</sup> Quando le razze siano normali alla direzione dei puntoni, per la somiglianza dei triangoli  $osn$   $DBC$ , si ha

$$os = on \cdot \frac{BD}{BC} = P \cdot \frac{l}{m} \cdot \frac{m}{L} = P \cdot \frac{l}{L}$$

e la forza traente del monaco si esprime meglio con

$$2P \frac{l}{L} + \frac{1}{2} pl.$$

3<sup>a</sup> Comunemente, si determinano le dimensioni delle sezioni rette delle razze e del monaco, trascurando il loro peso specifico, essendo esso piccolissimo relativamente a quello degli altri pezzi delle incavallature, e dei pesi da cui queste sono gravate.

Il *Devillez* in proposito al tener calcolo del peso specifico dei pezzi delle incavallature, consiglia di determinare le dimensioni delle sezioni rette di qualunque pezzo trascurando prima il rispettivo peso specifico, e quindi in base alle trovate dimensioni, tener calcolo del peso specifico corrispondente, aggiungerlo a quel peso in funzione del quale si determinarono le trovate dimensioni, e procedere a una novella determinazione. Le dimensioni ritrovate la seconda volta sono quelle da adottarsi.

880. DETERMINARE GLI SFORZI SOPPORTATI DAI PUNTONI, DAI IRANTI, DALLA COLONNETTA, E DALLA CATENA D'UNA INCAVALLATURA POLONCEAU, ESSENDO I PUNTONI GRAVATI DA UN PESO UNIFORMEMENTE DISTRIBUITO SULLA LORO LUNGHEZZA. — Rappresenti la fig. 221<sup>a</sup> la incavallatura in parola; e siano  $L$  la lunghezza  $AB$ ,  $BC$  di ciascun puntone;  $l$  lunghezza o distanza orizzontale  $AM$ ;  $h$  l'altezza  $Bo$ ;  $h'$  la differenza  $Mo$  fra le due altezze  $BM$  e  $Bo$ ;  $\alpha$  l'angolo  $BDo$  che fa la direzione del tirante  $BD$  colla catena orizzontale  $DG$ ;  $l'$  infine la lunghezza o distanza orizzontale  $Do$ . Sostenendo ora la colonnetta  $ED$  il puntone  $AB$  nel suo punto di

mezzo E, esso potrà considerarsi siccome diviso in due parti ciascuna appoggiata cogli estremi in due punti A ed E per la parte AE, E e B per la parte EB. Ciascuna quindi delle stesse parti del puntone rimanendo gravata uniformemente della metà del peso P di cui era gravato il puntone, soffrirà nel mezzo di sua lunghezza, e normalmente ad essa, uno sforzo di flessione espresso dalla metà dello sforzo consimile che soffriva tutto il puntone, e perciò eguale a  $P \frac{l}{2L}$ .

Le dimensioni quindi della sezione retta di queste parti di ciascun puntone si determineranno applicando la relazione già ricordata

$$\frac{FL^2}{8} = \frac{RI}{d},$$

e la quale traducendosi in  $FL \times \frac{L}{8} = \frac{R \cdot I}{d}$ , ed esprimendo FL il peso  $P \frac{l}{2L}$  di cui è gravata ciascuna parte del puntone, la relazione medesima, allorchando si applica, diviene

$$\left( P \frac{l}{2L} \right) \frac{L}{8} = \frac{RI}{d}.$$

Essa poi si modifica ancora a seconda del valore  $\frac{1}{d}$  del 2° membro corrispondente alla sezione retta dello stesso puntone.

Lo sforzo sostenuto dalla colonnetta ED, è di compressione, e proviene dalla somma delle due metà del peso di cui sono normalmente gravate le due porzioni di ciascun puntone. Esso sforzo sarà dunque espresso da

$$P \cdot \frac{l}{4L} + P \cdot \frac{l}{4L} = P \frac{l}{2L}.$$

Conosciuto lo sforzo da cui è compressa la colonnetta DE, le dimensioni della sua sezione retta saranno determinate dalla relazione

$$F = f \cdot AR$$

nella quale F, rappresenta lo sforzo comprimente  $P \frac{l}{2L}$ .

I due tiranti AD e DB sono sollecitati da uno sforzo di trazione proveniente dallo sforzo che comprime la colonnetta ED, e dalla ten-

sione esercitata dalla catena DG per impedire lo spostamento degli estremi A e C dei due puntoni AB e BC.

Ora la tensione della catena DG, essendo posta all'altezza o distanza  $h$  dal punto B, minore dell'altezza o distanza  $Bm$  a cui sarebbe posta la catena AC, ove su questa si appoggiassero gli estremi A e C dei puntoni AB e BC, sarà più grande della tensione che corrisponderebbe alla AC, e starà a questa nella ragione inversa delle distanze  $Bo$ ,  $BM$  dal punto B; essendo, le distanze medesime, come facilmente vedesi, bracci di leva delle due tensioni corrispondenti alle catene DG, AC per rispetto al punto B, attorno al quale ruoterebbero i puntoni AB, BC aprendo l'angolo ABC, se non li impedisse la catena DG.

E poichè per quanto dissi già nei paragrafi precedenti, la tensione corrispondente alla catena AC sarebbe data da

$$S = P \frac{l}{2h}$$

così la tensione della catena DG, sarà data da

$$S' : S = P \frac{l}{2h} :: BM = h + h' : BO = h$$

ossia da

$$S' = P \frac{l}{2h} \cdot \frac{h + h'}{h}$$

Dicendo quindi,  $p$  i due sforzi eguali di trazione esercitati sui tiranti AD e DB dal peso comprimente,  $P \frac{l}{2h}$ , la colonnetta DE;

$p'$ , lo sforzo di trazione sul tirante BD esercitato dalla catena DG;

$p''$ , lo sforzo di trazione esercitato sul tirante DA dalla stessa catena DG;

rappresentando con  $De = 2DE$  lo sforzo  $P \frac{l}{2h}$  esercitato in D dalla colonnetta DE, poichè la tensione dei tiranti AD e DB deve tenere in equilibrio il puntone AB, compiendo il rombo ADBE, le tensioni o trazioni sofferte dagli stessi tiranti in causa allo sforzo comprimente esercitato in D, saranno rappresentate dalle lunghezze AD e DB dei tiranti stessi.

Si avrà dunque

$$P \cdot \frac{l}{2L} : p :: 2DE : DB,$$

da cui la forza di trazione del tirante BD è espressa da

$$p = P \frac{l}{2L} \cdot \frac{DB}{2ED}.$$

Supponendo poi che la tensione  $S' = P \frac{l}{2h} \cdot \frac{h+h'}{h}$  della catena DG sia rappresentata da Do, prolungando i due tiranti AD e BD nelle loro direzioni, le tensioni  $p'$  e  $p''$  dei tiranti BD e AD saranno rappresentate dai lati Dv', e Dv del parallelogramma Dvov'. Ora dalla somiglianza dei triangoli Dov, ADy, si hanno le proporzioni,

$$Do = P \frac{l}{2h} \cdot \frac{h+h'}{h} : Dv' = p' :: Ay : Dy \text{ e}$$

$$Do = P \frac{l}{2h} \cdot \frac{h+h'}{h} : Dv = p'' :: Ay : AD \text{ da cui}$$

$$p' = P \frac{l}{2h} \cdot \frac{h+h'}{h} \times \frac{Dy}{Ay}; \text{ e } p'' = P \cdot \frac{l}{2h} \cdot \frac{h+h'}{h} \times \frac{AD}{Ay}.$$

I valori di Dy ed Ay, quantunque non rappresentati nell'incavallatura, pure si determinano facilmente osservando, che, per essere l'angolo D y M = BD o =  $\alpha$ ; D n = o M =  $h'$ ; n M = D o =  $l'$ , si avrà

$$Dy = \frac{h'}{\text{sen. } \alpha}; Ay = Am - (yn + nM) = l - l' - \frac{h' \cdot \cos. \alpha}{\text{sen. } \alpha}$$

Adunque la trazione del tirante AD sarà data da

$$p + p'' = P \cdot \frac{l}{2L} \cdot \frac{DB}{2ED} + P \frac{l}{2h} \cdot \frac{h+h'}{h} \times \frac{AD \text{ sen. } \alpha}{\text{sen. } \alpha (l-l') - h' \cos. \alpha}$$

e quella del tirante BD, sarà data da

$$p + p' = P \frac{l}{2L} \cdot \frac{DB}{2ED} + P \frac{l}{2h} \cdot \frac{h+h'}{h} \times \frac{h'}{\text{sen. } \alpha (l-l') - h' \cos. \alpha}$$

Conosciuti così gli sforzi di trazione da cui sono sollecitati la catena DG, e i tiranti AD e BD, coll'applicazione della formula già ricordata  $F = f \cdot AR$ , sarà facile determinare le dimensioni delle loro rispettive sezioni rette.

881. DETERMINARE GLI SFORZI SOPPORTATI DAI PUNTONI, DAI TIRANTI, DALLE COLONNETTE E DALLA CATENA D'UNA INCAVALLATURA SISTEMA POLONCEAU AVENTE PIÙ TIRANTI E PIÙ COLONNETTE, E LE RISPETTIVE SEZIONI RETTE, ESSENDO I PUNTONI GRAVATI DA UN PESO  $P$  UNIFORMEMENTE DISTRIBUITO. — Quando la lunghezza del puntone riesce considerevole in causa all'ampiezza dell'incavallatura, usasi di sostenerlo a eguali distanze da colonnette legate a vari tiranti come ne dimostra un esempio la figura 222<sup>a</sup>. In simil caso il puntone  $AB$  rimane diviso in quattro parti, ciascuna appoggiata nei suoi estremi, essendo appoggi i punti  $A, M, E, N, B$ , e gravata nel mezzo di sua rispettiva lunghezza del  $\frac{1}{4}$  della componente del peso  $P$  che gravita uniformemente alla lunghezza del puntone, normale alla lunghezza medesima.

Le dimensioni adunque di ciascuna parte si determineranno colla relazione  $FL \times \frac{L}{8} = RI$ , ossia colla relazione

$$P \cdot \frac{l}{4L} \times \frac{L}{4.8} = \frac{RI}{d},$$

essendo  $P \cdot \frac{l}{L}$  la componente del peso  $P$  normale alla lunghezza del puntone  $AB$ , lungo  $L$ , e avente  $l$  per sua proiezione orizzontale  $AC$ .

La catena  $DO$  sopporterà una tensione data, per quanto dissi al paragrafo precedente, da

$$P \cdot \frac{l}{L} \times \frac{h + h'}{h}$$

dicendo  $h$  l'altezza  $BO$ , ed  $h'$  l'altezza  $CO$ .

Adunque la sua sezione retta  $A$ , facendo  $P \cdot \frac{l}{L} \cdot \frac{h + h'}{h} = F$  sarà data dalla relazione  $F = f \cdot AR$ .

Le colonnette  $MO, ED, NP$  sopportano una pressione espressa dalla somma di due metà del peso che tende a flettere ciascuna parte di puntone.

Dunque il peso o sforzo comprimente ciascuna colonnetta sarà dato da

$$P \frac{l}{8L} + P \frac{l}{8L} = P \frac{l}{4L}$$

e la sezione retta  $A'$  di tutte e tre sarà eguale, e sarà data dalla relazione  $F = f \cdot A'R$ , in cui  $F$  è eguale a  $P \frac{l}{4L}$ .

La colonnetta di mezzo ED, però si farà di sezione maggiore, in causa alla maggior sua lunghezza.

Dicendo ora,

$p$ , gli sforzi eguali di trazione sui tiranti AD, BD provenienti dalla pressione in D dello sforzo  $P \cdot \frac{l}{4L}$ ;

$p'$ , gli sforzi eguali di trazione sui tiranti AO, EO, EP, BP provenienti dalla pressione in O e P dello stesso sforzo  $P \cdot \frac{l}{4L}$ , sulle colonnette eguali MO, NP.

$p''$ , la tensione o trazione sul tirante BD proveniente dalla tensione

$$S' = P \cdot \frac{l}{L} \times \frac{h+h'}{h} \text{ della catena } Do;$$

$p'''$ , la trazione sul tirante AD proveniente dalla trazione della stessa catena; e applicando il procedimento usato nel paragrafo precedente per determinare i valori di queste tante trazioni, si ha

$$p = P \cdot \frac{l}{4L} \cdot \frac{BD}{2 \cdot DE} = P \cdot \frac{l}{4L} \cdot \frac{AE}{2DE};$$

$$p' = P \cdot \frac{l}{4L} \cdot \frac{BP}{2PN} = P \cdot \frac{l}{4L} \cdot \frac{PE}{2PN} = P \cdot \frac{l}{4L} \cdot \frac{EO}{2 \cdot OM} = P \cdot \frac{l}{4L} \cdot \frac{AO}{2 \cdot OM};$$

$$p'' = P \cdot \frac{l}{L} \cdot \frac{h+h'}{h} \times \frac{Dv}{Av}; = P \cdot \frac{l}{L} \cdot \frac{h+h'}{h} \cdot \frac{h'}{\text{sen. } \alpha (l-l') - h' \cdot \cos. \alpha};$$

$$p''' = P \cdot \frac{l}{L} \cdot \frac{h+h'}{h} \times \frac{AD}{Av} = P \cdot \frac{l}{L} \cdot \frac{h+h'}{h} \cdot \frac{AD \text{ sen. } \alpha}{\text{sen. } \alpha (l-l') - h' \cdot \cos. \alpha};$$

essendo  $l$ , ed  $l'$  le lunghezze AC e Do;  $h$ , ed  $h'$  le altezze BC ed oC; ed  $\alpha$  l'angolo BvC = BDo.

La tensione quindi di E in O e di E in P è data da  $p'$

» » di A in O » » » da  $p \times p' \times p''$

» » di O in D » » » da  $p \times p'''$

» » di B in P » » » da  $p \times p' \times p''$

Le tensioni infine di P in D » » » da  $p \times p''$ .

Conosciute così le tensioni dei vari tiranti, se ne determineranno le rispettive sezioni rette applicando la relazione  $F = f \cdot AR$ , in cui  $F$  rappresenta le trazioni, ed  $A$  le richieste sezioni.

882. VALORE DEL PESO  $P$  DI CUI SONO GRAVATI I PUNTONI DELLE INCAVALLATURE, E OSSERVAZIONI SULLA MATERIA DI CUI HANNO AD ESSERE I PUNTONI, LE CATENE E I TIRANTI DELLE STESSE INCAVALLATURE IN RIGUARDO



**AGLI SFORZI A CUI SONO SOTTOPOSTI, E SULL'INFLUENZA DEL VENTO NELLA STABILITÀ DELLE INCAVALLATURE.** — Stimando sufficiente al compito di quest'opera, le differenti considerazioni fatte sulle incavallature, e desiderando riuscire colle medesime a pratica utilità, reputo necessario lo avvertire:

1° Che il peso  $P$  da cui supposi essere gravati uniformemente i puntoni delle incavallature, ha per valore quello medesimo corrispondente alla somma del carico permanente o fisso, e variabile o accidentale da cui sono gravate le incavallature che sostengono i tetti.

Il carico permanente è dato dal peso della copertura, dal peso del letto che la sostiene, e quindi dal peso delle tavole, listelli o tavelle che sono sui panconcelli, dal peso degli arcarecci e infine dal peso delle incavallature o armature. Il carico accidentale poi è dato dal peso della quantità di neve che può accumularsi sulle falde del tetto, e che non si considera in media che per un'altezza di m. 0,50, e per un peso di C. g. 50 per metro quadrato; dal peso degli operai, e materiali che possono occorrere e accumularsi sul tetto per la sua riparazione, peso questo che dai pratici si ritiene siccome eguale a C. g. 30 per ogni metro quadrato di falda di tetto; infine dalla pressione del vento della quale però, e come dirò in avanti non è a tenersene calcolo.

Conosciuto così il peso  $P$ , ossia il carico permanente e accidentale di cui è gravato il tetto, è bene avvertire che la porzione che di esso gravità su d'una incavallatura è data dal prodotto del peso stesso per metro quadrato, moltiplicato per la superficie di tetto compresa da mezzo a mezzo di due intervalli consecutivi fra le incavallature. Determinata quindi la distanza a cui vogliansi collocare le incavallature, è determinata pur anche la porzione del peso del tetto che gravita su ciascuna.

Nel paragrafo che segue riporterò una tabella del peso  $P$  per le differenti coperture di tetto.

2° Dacchè, per le considerazioni fatte sulle incavallature, riconoscemmo che i tiranti, le catene e i monaci, agiscono per trazione, e i puntoni e le razze per flessione e compressione, quelli è meglio costruirli in ferro, questi in legno. Ciò però per le incavallature miste. Per le incavallature in ferro sono di ferro anche i puntoni e le razze; e quelli sono in forma rettangolare e più spesso di doppio  $T$ , questi sono in ferro o in ghisa attesa la buona resistenza alla compressione di questo metallo. Quando le razze o colonnette, sono di ghisa, d'ordinario hanno una sezione cruceiforme per la massima parte della loro lunghezza, ed un rigonfiamento nel mezzo per così ovviare al pericolo della flessione sotto l'azione del peso premente.

Per riguardo poi ai ferri a doppio  $T$ , o anche rettangolari, è bene

avvertire che non convenendo ordinarne di nuovo modello ossia di nuove dimensioni, conviene pigliare a calcolo quelli che trovansi già fabbricati secondo i modelli stabiliti nelle differenti officine, fra le quali ricordo la *Montataire* e la *Providence*.

3° Un' ultima osservazione è a farsi a proposito del vento e dell'influenza sua sulla stabilità delle incavallature. Seguendo però il suggerimento di non pochi e abili costruttori, consiglio anch' io di trascurare l'influenza di questa novella pressione, sia perchè di breve durata la sua azione sul tetto, sia perchè sono da stimarsi bastantemente ovviati i danni che da essa può venirne all'incavallatura, coll'ammissione d'un coefficiente di stabilità nella determinazione delle sezioni rette dei differenti pezzi dell'incavallatura medesima.

883. TAVOLA DEL PESO O CARICO PERMANENTE E ACCIDENTALE PER METRO QUADRATO DI SUPERFICIE DI TETTO A SECONDA DELL'INCLINAZIONE E DEL GENERE DI COPERTURA. — La tavola che segue offre il peso permanente che gravita per metro quadrato sulla superficie dei tetti, sia per la sola copertura, sia per questa unitamente al letto di legname su cui essa riposa, esclusa però l'incavallatura. Il carico accidentale poi si desume dalla 1<sup>a</sup> osservazione fatta nel paragrafo precedente.

| QUALITÀ<br>DELLA COPERTURA                                                    | LIMITI<br>DELLA<br>INCLINAZIONE | PESO<br>PER METRO QUADRATO |                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------|
|                                                                               |                                 | della<br>sola copertura    | della copertura<br>o<br>legname del letto |
| Tegole curve comuni . . . . .                                                 | Da 15° a 17°                    | C. g: 60                   | C g: 75                                   |
| Tegole curve sovrapposte ad uno strato<br>di tavelle grosse m. 0,028. . . .   | » »                             | » 100                      | » 134                                     |
| Tegole piane . . . . .                                                        | » 19° a 50°                     | » 85                       | » 104                                     |
| Tegole maritate con tavelle sottoposte<br>(Roma) . . . . .                    | » 17° a 42°                     | » 137                      | » 175                                     |
| Lastre in pietra di Barge, grosse m. 0,026<br>(Torino) . . . . .              | » 18° a 45°                     | » 95                       | » 117                                     |
| Ardesie sottili (abbadi ni) assicurate con<br>malta di calce (Genova) . . . . | » »                             | » 54                       | » 72                                      |
| Ardesie grossolane irregolari. . . .                                          | » »                             | » 110                      | » 144                                     |
| Rame laminato (N° 20) grosso 0,00068                                          | » 18° a 25°                     | » 6,11                     | » 27                                      |
| Id. (N° 25) grosso, 0,00075                                                   | » »                             | » 7,63                     | » 29                                      |
| Zinco (N° 14) grosso, 0,00085 . . .                                           | » »                             | » 6,07                     | » 27                                      |
| Id. (N° 16) grosso, 0,00103 . . .                                             | » »                             | » 7,40                     | » 29                                      |
| Lastra di ferro grossa, 0,0007 . . .                                          | » 18° a 21°                     | » 7,50                     | » 29                                      |
| Id. galvanizzata, grossa 0,00066                                              | » »                             | » 5,14                     | » 26                                      |
| Id. id. grossa 0,00075                                                        | » »                             | » 5,85                     | » 27                                      |
| Id. id. grossa 0,001 . . .                                                    | » »                             | » 7,80                     | » 29                                      |
| Id. scanalata grossa 0,0015 . . .                                             | » »                             | » 20                       | » 31                                      |
| Lamina di piombo, grossa 0,0035 . .                                           | » »                             | » 40                       | » 67                                      |
| Id. id. grossa 0,0045 . . .                                                   | » »                             | » 53                       | » 83                                      |
| Vetro grosso . . . . .                                                        | » »                             | » 8                        | —                                         |
| Mastice bituminoso . . . . .                                                  | » »                             | » 21                       | —                                         |

884. DIMENSIONI DELLA SEZIONE RETTA DEI PEZZI CHE FORMANO IL LETTO DELLE COPERTURE. — In generale le dimensioni della sezione retta di tutti i pezzi che formano il letto o l'orditura su cui riposa il coperto, siccome sono tutti sollecitati da un peso che tende a fletterli nel loro mezzo, tutti caricati uniformemente nella loro lunghezza dal peso della copertura che ciascuno sostiene, ed appoggiati tutti ai loro estremi, dovrebbero determinarsi applicando la relazione già ricordata  $FL \times \frac{L}{8} = \frac{RI}{d}$  per la specialità del caso che presentano della resistenza alla flessione.

Avendo però la pratica, e la stabilità riscontrata nei tetti delle fabbriche comuni, e i quali hanno resistito per lunghissimo tempo alle intemperie delle stagioni e ai pesi da cui furono gravati, consigliato le dimensioni dei differenti pezzi dell'orditura o del letto d'una copertura per i tetti i più comuni, mi compiaccio di qui segnalarle in quell'ordine stesso con cui ricordai questi differenti pezzi nel paragrafo 688 del precedente Libro.

1) ARCARECCI. — Fino a che gli arcarecci si dispongono distanti fra loro da asse ad asse di m. 0,50, e sopra muri o puntoni distanti da mezzo a mezzo di m. 3 a m. 3,50 le dimensioni della loro sezione retta possono essere di m. 0,08 per m. 0,10. Quando la distanza fra loro, rimanendo identica quella dei muri o puntoni, giunge dai m. 1,20 ai m. 2, le dimensioni della sezione retta saranno di m. 0,15 per m. 0,18. Se infine la distanza fra i muri o puntoni si fa grande di 4 metri le dimensioni di larghezza e grossezza degli arcarecci saranno di m. 0,10 per m. 0,12 o di m. 0,18 per m. 0,22 secondo che gli arcarecci stessi distano fra loro di m. 0,50, o di m. 1,20 a m. 2.

2) PANCONCELLI o CORRENTI. — Riposando questi sopra gli arcarecci, le dimensioni della loro sezione retta varia al variare della distanza fra gli arcarecci, e della distanza a cui stanno essi stessi.

Fino a che gli arcarecci distano fra loro di m. 0,50, i panconcelli si pongono a distanza fra loro di m. 0,20 da asse ad asse, e si tengono con una sezione retta di m. 0,04 per m. 0,065. Quando gli arcarecci distano fra loro di m. 1,20 i panconcelli si pongono a distanza di m. 0,30 a m. 0,40, e la loro sezione retta si sceglie di m. 0,06 a m. 0,10. Quando infine gli arcarecci si tengono a distanza rispettiva di m. 2 si lasciano i panconcelli alla stessa distanza di m. 0,30 a m. 0,40, ma si aumenta la loro sezione retta la quale si fa di m. 0,10 per m. 0,12.

3) LISTELLI. — Non è raro che sui panconcelli si dispongano orizzontalmente dei listelli di legno dolce. In simil caso, e fino a che quelli si tengano distanti fra loro dai m. 0,30 ai m. 0,40, si collocano alla

stessa distanza i listelli, e si tengono con una sezione retta di m. 0,04 per m. 0,06.

4) TAVOLE. — Se poi invece dei listelli, si collocano sui panconcelli delle tavole, per fissare così il letto ad una copertura metallica o di ardesie, la grossezza delle tavole si tiene di m. 0,02 fino a che però la distanza fra gli arcarecci o i panconcelli non eccede i m. 0,50.

Per ogni altro caso, il quale s'allontanasse dai previsti, è buon consiglio di sottoporre al calcolo, come dianzi accennai, la determinazione della sezione retta dei singoli pezzi che possono esserne richiesti.

885. FORMULE PRATICHE PER DETERMINARE LE DIMENSIONI DELLA SEZIONE RETTA DEI PUNTONI PER LE INCAVALLATURE DI GRANDE PORTATA COSÌ DETTA ALLA PALLADIO. — Quando la distanza fra gli appoggi delle incavallature è considerevole, usasi comunemente di foggjar queste alla forma di quelle rappresentate dalle figura 136<sup>a</sup> e 139<sup>a</sup> del Libro precedente, e la cui prima idea è dovuta all'architetto italiano *Palladio*. Altri poi modificò d'alquanto la forma alla gran catena in legno della fig. 136<sup>a</sup>, e sostituì una catena o tirante in ferro, per tutte le circostanze in cui non ha a sopportare il peso d'un solaio.

Ora, le formule che io presento sono quelle del *Claudel* e del *Morin*. Avverto però che il *Claudel* le estese anche per determinare la sezione retta della sotto catena, della catena in legno o tirante in ferro, e delle due parti del puntone; l'una a partire cioè dal colmarello del tetto alla sotto catena, e detta puntone superiore, — l'altra detta puntone inferiore, e grande per la lunghezza del puntone dalla sotto catena agli appoggi; il *Morin* invece le limitò alle sole parti inferiore e superiore del puntone, facendo perciò valere la prima parte della sua formula per determinare anche la sezione retta di quei puntoni usati nelle incavallature ordinarie.

Dicendo  $P'$ , il carico permanente e accidentale da cui è gravato il puntone superiore;

$P''$ , il carico permanente e accidentale di cui è gravato il puntone inferiore;

$P = P' + P''$ , il carico da cui è gravato tutto intero il puntone;

$a$ , la dimensione della sezione retta del puntone, parallela alla falda del tetto;

$b$ , la dimensione della stessa sezione normale alla falda del tetto;

$l'$ , la lunghezza della proiezione orizzontale del puntone superiore;

$l''$ , la lunghezza della proiezione orizzontale del puntone inferiore;

$l = l' + l''$ , la lunghezza della proiezione orizzontale di tutto il puntone;

$h$ , l'altezza o la monta dell'incavallatura;

$p$ , il peso specifico del tirante, o catena.

Il *Claudel* ha dato le seguenti formule per le sezioni rette dei differenti pezzi delle incavallature.

Per il puntone superiore . . .  $ab^3 = P' (0,00000111 b + 0,00000107 l')$

Per il puntone inferiore . . .  $ab^3 = P'' (0,00000257 b + 0,00000106 l'')$

Per la sotto catena . . . . .  $ab = 0,0000009 P'' \frac{l}{h} + 0,00000107 p a$

Per la catena in legno, senza

solaio sovrapposto . . . .  $ab = 0,0000009 P \frac{l}{h} + 0,00000011 a p$

Per la catena o tirante in ferro

e senza solaio sovrapposto,  $ab = 0,0000001 P \frac{l}{h} + 0,00000011 a p$ .

*Formule pratiche del Morin per determinare le dimensioni  
della sezione retta dei puntoni superiori ed inferiori delle incavallature alla Palladio,*  
essendo  $a$  e  $b$  la larghezza e la grossezza del puntone;  $L$  la metà della lunghezza della sotto catena,  
 $l$  la lunghezza del puntone inferiore,  $l'$  la sua proiezione orizzontale.

| QUALITÀ<br>DELLA COPERTURA                                                                                                                             | Usando legno<br>non squadrato, per cui<br>$a = b$       | Usando legno<br>tagliato colla sece, per cui<br>$a = 0,9 \cdot b$ | Usando legno<br>tagliato colla sega a spigoli vivi, per cui<br>$a = 0,75 \cdot b$ |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Zinco o lamiera di<br>ferro galvanizz.<br>Ardesio . . . . .<br>Tegole piane . .<br>Tegole cave mu-<br>rate . . . . .<br><i>Per i puntoni superiori</i> | $b^3 = 212,1 (0,00000112 \cdot b + 0,00000107 \cdot L)$ | $b^3 = 212,1 (0,00000976 \cdot b + 0,00000937 \cdot L)$           | $b^3 = 212,1 (0,00000781 \cdot b + 0,0000075 \cdot L)$                            |
|                                                                                                                                                        | $b^2 = 125,1 (0,00000112 \cdot b + 0,00000107 \cdot L)$ | $b^2 = 125,1 (0,00000976 \cdot b + 0,00000937 \cdot L)$           | $b^2 = 125,1 (0,00000781 \cdot b + 0,0000075 \cdot L)$                            |
|                                                                                                                                                        | $b^3 = 531,1 (0,00000112 \cdot b + 0,00000107 \cdot L)$ | $b^3 = 531,1 (0,00000976 \cdot b + 0,00000937 \cdot L)$           | $b^3 = 531,1 (0,00000781 \cdot b + 0,0000075 \cdot L)$                            |
|                                                                                                                                                        | $b^2 = 808,6 (0,00000112 \cdot b + 0,00000107 \cdot L)$ | $b^2 = 808,6 (0,00000976 \cdot b + 0,00000937 \cdot L)$           | $b^2 = 808,6 (0,00000781 \cdot b + 0,0000075 \cdot L)$                            |
|                                                                                                                                                        | $b^3 = 212,1 (0,00000257 \cdot b + 0,00000107 \cdot l)$ | $b^3 = 267,2 (0,00000225 \cdot b + 0,00000937 \cdot l')$          | $b^3 = 222,75 (0,00000150 \cdot b + 0,0000075 \cdot l')$                          |
| Zinco o lamiera.<br>Ardesio . . . . .<br>Tegole piane . .<br>Tegole cave mu-<br>rate . . . . .<br><i>Per i puntoni inferiori</i>                       | $b^3 = 125,1 (0,00000257 \cdot b + 0,00000107 \cdot l)$ | $b^3 = 125,1 (0,00000225 \cdot b + 0,00000937 \cdot l')$          | $b^3 = 125,1 (0,00000150 \cdot b + 0,0000075 \cdot l')$                           |
|                                                                                                                                                        | $b^2 = 531,1 (0,00000257 \cdot b + 0,00000107 \cdot l)$ | $b^2 = 530,1 (0,00000225 \cdot b + 0,00000937 \cdot l')$          | $b^2 = 708,1 (0,00000150 \cdot b + 0,0000075 \cdot l')$                           |
|                                                                                                                                                        | $b^3 = 531,1 (0,00000257 \cdot b + 0,00000107 \cdot l)$ | $b^3 = 530,1 (0,00000225 \cdot b + 0,00000937 \cdot l')$          | $b^3 = 708,1 (0,00000150 \cdot b + 0,0000075 \cdot l')$                           |
|                                                                                                                                                        | $b^2 = 808,6 (0,00000257 \cdot b + 0,00000107 \cdot l)$ | $b^2 = 808,1 (0,00000225 \cdot b + 0,00000937 \cdot l')$          | $b^2 = 1078,1 (0,00000150 \cdot b + 0,0000075 \cdot l')$                          |
|                                                                                                                                                        |                                                         |                                                                   |                                                                                   |

886. COLLOCAMENTO DELLE INCAVALLATURE DI FERRO SUGLI APPOGGI, UNIONE DELLE PRINCIPALI PARTI DI ESSE, E DISTANZA A CUI LE INCAVALLATURE MEDESIME DEBbono TENERSI. — Le incavallature si sogliono collocare o su muri continui, o su pilastri in muratura, o su sostegni in legno o in metallo. Quando le incavallature riposano su muri continui, e allo scopo di ripartire su d'una estesa base le pressioni che le incavallature trasmettono ai muri che le sopportano, è bene disporre sopra gli stessi muri delle travi ossia longarine sulle quali s'appoggiano le incavallature, oppure delle pietre larghe, resistenti e piatte, lungo i muri medesimi e in quei punti che debbono sostenere le incavallature. Se le incavallature debbono riposare sopra pilastri di muratura, è bene su di essi porre prima una pietra di coronamento, ben resistente, e di sezione eguale a quella del pilastro, per così meglio ripartire sopra tutta la sezione del pilastro la pressione di cui è capace l'incavallatura. Quando infine le incavallature debbono riposare sopra sostegni di legno o di metallo, nel primo caso bisogna aver cura che la sezione del sostegno sia tutta interamente gravata dalla pressione dell'incavallatura medesima, procurando di ottenere un collegamento tanto solido da non temere il più piccolo spostamento laterale; nel secondo caso usasi di lasciare alle sommità dei sostegni degli orecchioni fra i quali si serrano e si inchiodano le estremità delle incavallature.

Se le incavallature sono senza catena, il collocamento loro sui sostegni, siano essi muri continui, pilastri in muratura, o sostegni in legno o in ferro, si effettua e si assicura impostando le loro estremità entro scatole di ghisa fissate stabilmente sopra i detti sostegni.

L'unione delle diverse parti delle incavallature si effettua differenzialmente per ciascuna parte.

I puntoni si riuniscono nelle loro estremità superiori o con pezzi di lamiera ad essi inchiodati, o con piastre di ghisa inchiodate per modo da riempire totalmente o in parte il vuoto che li separa, particolarmente quando sono in ferri a doppio T. Le estremità inferiori all'incontro, e allo scopo di facilitare il loro appoggio sui sostegni, si pongono entro zoccoli o scatole di ghisa o ferro, ai quali alcune volte sono unite delle mensole per così aumentare la superficie d'appoggio dei puntoni.

Le catene si riuniscono mediante piastre o rotelle in ferro malleato, terminando ciascuna di esse in una parte allargata e bucata con un foro arrotondato, nel quale passa un bullone che attraversa le piastre. Le catene orizzontali poi attraversano colla loro estremità la scatola o zoccolo di ghisa che riceve il puntone, e a cui sono assicurate da una vite esterna, e da una controvite interna.

Spesso però queste catene si uniscono meglio ai puntoni con staffe.



in ferro foggiate a ferro di cavallo, e si aumenta o si diminuisce la tensione delle stesse catene a mezzo di apposite chiocciolate.

Le colonnette o i raggi si fissano ai puntoni col mezzo di piastre di ferro o di ghisa, avvertendo, nelle incavallature di grandi portate, che i giunti che debbono presentare i puntoni si facciano in corrispondenza dei mezzi degli appoggi somministrati dalle stesse colonnette o razzi.

Gli arcarecci infine si uniscono ai puntoni mediante squadre che s'inchiodano ai puntoni e agli stessi arcarecci.

Perchè poi i differenti pezzi che compongono le incavallature rimangano costantemente in uno stesso piano verticale, si usa di disporre fra due incavallature successive e fra due punti corrispondenti di esse, dei legamenti in ferro a sezione circolare o quadrata, unendoli alle incavallature mercè doppie viti, oppure biette cuneiformi. Quando poi le incavallature sono molto distanti fra loro, si assicurano nella loro posizione mercè legamenti disposti a croce, coi loro assi paralleli alla inclinazione del tetto, ed estendentisi da un puntone al puntone corrispondente della successiva incavallatura.

La distanza infine a cui debbonsi collocare le incavallature è duopo determinarla non solo in ragione del peso da cui ciascuna verrebbe gravata, ma ancora in considerazione dell'aumento di mano d'opera proveniente dal maggior numero delle unioni a cui obbligherebbero le incavallature poste a piccole distanze. In pratica, la distanza che comunemente s'adotta, è dai 3 ai 4 metri per le incavallature di media portata, estendendola anche a 7 metri per le incavallature i cui pezzi longitudinali sono travi composte o travi armate.

887. DIMENSIONI DELLE TAVOLE COSTITUENTI GLI ARCHI ALLA DELORME E ALL' EMY, E DISTANZA A CUI ESSI SI COLLOCANO — Dissi già al paragrafo 610, *Libro Quinto* il modo di costruire questi differenti archi, abbastanza usati anche di presente per centine di tettoie sulle quali non gravita un gran peso, e nelle località nelle quali è abbondante il legname. Qui riferisco le dimensioni che debbonsi avere le tavole che li compongono. E prima degli archi alla *Delorme*. La lunghezza delle tavole che vi si impiegano, può variare a seconda della lunghezza del raggio di curvatura, ed essere quanto più grande è possibile, anche per risparmio di mano d'opera nelle congiunzioni. La larghezza e grossezza delle tavole poi deve regolarsi secondo le prescrizioni dello stesso *Delorme* nel modo seguente:

Per una tettoia della portata di m. 7 a m. 8 la larghezza delle tavole deve essere di m. 0,217, e la grossezza di m. 0,027 ;

Per una tettoia di 11 a 12 metri di portata, la larghezza delle tavole deve essere di m. 0,271, e la grossezza di m. 0,041 ;

Per le tettoie in fine di 19, 29, e 35 metri di portata la larghezza delle tavole esser debbe di m. 0,352, e la grossezza di m. 0,054, m. 0,06 e m. 0,08.

Qualunque sia poi l'ampiezza o la portata della tettoia, i correnti che traversano le tavole e che ricevono i listelli di legno che le stringono, debbono esser grossi tanto quanta è la grossezza di due tavole, e larghi per 4 volte la grossezza d'una tavola; e la distanza a cui si collocano questi archi deve esser sempre di m. 0,65 a m. 0,70.

Gli archi all'*Emy* hanno d'ordinario m. 0,054 di grossezza, m. 0,135 di larghezza, e dai m. 10 a m. 12 di lunghezza.

La distanza poi alla quale essi si collocano è d'ordinario di m. 3,25.

Gli archi all'*Emy* riescono assai più resistenti degli archi alla *Delorme*, causa i puntoni d'una incavallatura a cui d'ordinario sono legati o connessi, a mezzo di bolzoni, di staffe e d'ascialoni. Anche senza i puntoni sono sempre più resistenti degli archi alla *Delorme*, e ne sia prova, che essi hanno servito come centine per costruire degli archi in muratura, facendosi scorrere con dei rulli sopra travi orizzontali collocate all'altezza delle imposte, allorquando costruito un arco, se ne voleva costruire un altro.

## LIBRO OTTAVO.

### Ponti in legname, in muratura, in ferro, ponti sospesi.

#### CAPITOLO I.

#### Avvertenze generali sulla costruzione dei ponti.

888. DEFINIZIONE E DISTINZIONE DEI PONTI PER RIGUARDO ALLA MATERIA CON CUI SONO FORMATI. — Diconsi *ponti* quelle opere d'arte destinate a riunire le due porzioni d'una strada, interrotta da un corso d'acqua, da una profonda vallata, o da un'altra via situata a un livello inferiore. Più propriamente però, il ponte che attraversa una vallata, o che lascia libera la circolazione in una via posta a livello inferiore delle due porzioni di strada che esso riunisce, dicesi *viadotto*.

I materiali che s'adoperano nella costruzione dei ponti, sono il legname, le pietre e il ferro. Perciò i ponti si distinguono in *ponti in legno*, *ponti in pietre* o *muratura*, e *ponti in ferro*.

889. PARTI PRINCIPALI D'UN PONTE. — Le parti principali d'un ponte

sono le arcate o le travate, e i piedritti. Le prime servono a sostenere il suolo della strada che passa sul ponte; i secondi a sostegno delle arcate o travate.

I piedritti posti alle estremità d'un ponte, e aderenti o alle sponde del corso d'acqua o alle falde delle montagne che limitano la vallata che il ponte attraversa, diconsi *spalle* o *testate* del ponte; quelli invece posti fra mezzo alle *spalle*, e quindi costruiti o nel mezzo dell'alveo, o nel mezzo della vallata, diconsi pile se sono in muratura, *palate* o *stilate* se sono in legno e servono a sostegno delle travate o campate dei ponti in legname. Le palate in legno poi distinguonsi in vive e morte secondo che s'innalzano nel letto del fiume, o sulla gola dei medesimi. Oltre le parti principali ogni ponte ha ancora le parti accessorie, quali stimo meglio dichiarare ponte per ponte, e mano mano che ne compio lo studio.

890. DISTINZIONE DEI PONTI PER RIGUARDO ALLA DIREZIONE DEL LORO ASSE. — Dicesi asse d'un ponte, la linea determinata dalla successione dei punti posti nel mezzo della larghezza dei ponti stessi. Ora i ponti per riguardo a quest'asse si distinguono in retti ed obliqui.

*Retti* diconsi quei ponti il cui asse è normale all'asse orizzontale delle arcate o travate del ponte, alla linea cioè determinata dall'intersezione di due piani, l'uno orizzontale passante al livello delle acque, l'altro verticale passante nel mezzo dello intervallo compreso fra due piedritti successivi.

*Obliqui*, invece diconsi quei ponti nei quali l'asse del ponte non è normale all'asse delle arcate o travate dello stesso ponte.

E poichè è condizione generale che le pile o palate d'un ponte si dispongano colla loro lunghezza parallelamente alla direzione della corrente delle acque del fiume, per ovviare ai profondi gorgi che vi produrrebbe l'urto delle acque, e l'asse orizzontale delle arcate o campate riesca per tal modo parallelo alla stessa direzione della corrente, così i ponti diconsi *retti*, quando la direzione dei loro assi è normale al corso dell'acqua; *obliqui*, quando non si verifica codesta perpendicolarità.

891. DISTINZIONE DEI PONTI PER RIGUARDO ALL'USO CUI SONO DESTINATI. — Un'altra distinzione a farsi sui ponti è per riguardo all'uso cui sono destinati. Si distinguono perciò in *ponti passerelle*, se non servono che pei soli pedoni; in *ponti fissi*, se come si desume dalla loro denominazione stanno fissamente e stabilmente nel luogo, in cui furono costruiti; e in *ponti mobili*, se la loro impalcatura si può momentaneamente rimuovere, sospendendo la circolazione su di esso, per soddisfare ai bisogni della navigazione.

892. SITUAZIONE DEI PONTI PER RIGUARDO ALLA LOCALITÀ. — La loca-

lità in cui si ha da situare o costruire un ponte, o è precedentemente stabilita per circostanze speciali, o è in libertà del costruttore il designarla. Nel primo caso è duopo porre ogni studio per superare quelli ostacoli che presenteranno le condizioni del terreno, avuto riguardo a qualsivoglia evenienza; nel secondo caso è duopo prescegliere quella località, che già per lungo tratto presenti sistemato il corso del fiume affine di ovviare ai tanti danni provenienti dalla mutabilità dell'alveo, e nella quale l'asse del ponte possa riuscire normale al corso delle acque; che abbia l'alveo e le sponde favorevoli ad una buona e solida fondazione; e che infine presenti le maggiori convenienze relativamente alle comodità d'approdo, senza obbligare a pendenze maggiori del 4 per 0/0 per ciascuna parte del ponte a partire dal mezzo andando verso ciascuna spalla, quando il ponte stesso non possa riuscire allo stesso livello delle strade alle quali esso fa seguito.

893. *LUCE LIBERA D'UN PONTE, E SUA DETERMINAZIONE.* — Dicesi luce libera d'un ponte la lunghezza dello spazio libero che è necessario di lasciare sotto il ponte, affinchè tutto il volume delle acque portate dal fiume, particolarmente nelle sue massime piene, possa avere in esso uno sfogo regolare, senza compromettere la stabilità dell'edifizio per l'aumento d'altezza e di velocità delle acque che ne conseguirebbe in causa al restringimento di sezione.

Ora a poter determinare la *luce libera* d'un ponte, ne occorre anzitutto conoscere la portata del fiume, o del corso d'acqua su cui il ponte ha da essere costruito.

La portata d'un fiume si può dedurre o con metodo empirico bastantemente sanzionato dall'esperienza, o con metodo, dirò così, analitico.

Col primo metodo si deduce la portata d'un corso d'acqua, moltiplicando la totale superficie espressa in metri quadrati del terreno le cui acque affluiscono nel fiume, a contare dall'origine di questo fino al punto in cui vuolsi costruire il ponte, per la differenza fra l'altezza dell'acqua caduta in un secondo di tempo d'una dirotta pioggia, e l'altezza corrispondente alla quantità d'acqua che nello stesso tempo è stata assorbita dal terreno.

Dicendo quindi  $Q$  la portata del fiume,  $S$  la superficie in metri quadrati del terreno tributario,  $a$  ed  $a'$  le altezze in metri dell'acqua piovuta e dell'acqua assorbita, la portata del fiume è rappresentata dalla relazione

$$Q = S (a - a') \quad (i).$$

I valori di  $a$  ed  $a'$  sono offerti dagli osservatori metereologici dei

paesi circostanti; ma quando mancassero si sostituisce con poco errore alla differenza dei loro valori la frazione 0,000002. La relazione (1) quindi si traduce d'ordinario nella seguente

$$Q = S \cdot 0,000002$$

Il secondo metodo, ossia il metodo analitico, ne offre la portata moltiplicando la sezione retta del fiume, nella località in cui si vuol costruire il ponte, per la velocità media delle acque.

La sezione retta del fiume si ottiene facilmente distendendo una fune orizzontalmente fra gli estremi A e B della sezione medesima fig. 223<sup>a</sup>, dividendo la fune in porzioni eguali  $Am = mm' = m'm'' \dots$ , e misurando le altezze  $mn, m'n' m''n'' \dots$ , ossia la profondità dell'acqua nel fiume, e nei punti  $m, m', m'' \dots$  a mezzo d'un'asta di legno detta *scandaglio*.

Conosciute così le basi  $Am = mm' = m'm'' \dots$  e le altezze  $mn, m'n' \dots$  delle tante figure in cui si è divisa la sezione retta del fiume se ne potranno avere le rispettive superfici, e nella somma di esse, la superficie della stessa sezione retta.

Per ottenere poi la velocità media, è duopo prima determinare la velocità superficiale a mezzo d'un galleggiante semplice, il quale abbandonato otto o dieci volte di seguito sulla superficie delle acque, e sempre sulla linea del filone, e divisa ogni volta la distanza eguale percorsa per il tempo in secondi impiegato a percorrerla, ne offrirà la velocità superficiale richiesta nella media degli ottenuti quozienti.

Avuta la velocità superficiale V, si ottiene la velocità media v, applicando la formola offerta dal prof. Turazza nel suo bellissimo *Trattato d'Idraulica pratica* e (1) cioè

$$v = V \cdot \frac{V + 0,059}{V + 0,150}.$$

Conosciuta così la sezione retta e la velocità media si ottiene la portata del fiume, colla relazione

$$Q = S \cdot v \cdot (11).$$

Determinata la portata conviene stabilire quale sarà la massima velocità colla quale potranno scorrere le acque nella stabilita sezione

(1) *Trattato d'Idrometria e d'Idraulica pratica per Domenico Turazza, seconda edizione interamente rifusa, e notabilmente aumentata. Padova, tipografia editrice F. Sacchetto, 1867.*

senza danno alcuno di corrosione delle ripe o del fondo, e quale l'altezza a cui potranno elevarsi le acque nella sezione medesima.

Ora, o la portata si è determinata col metodo così detto analitico, oppure col metodo empirico. Nel primo caso l'altezza stessa sarà data dalla massima delle profondità ritrovate nella determinazione delle altezze o profondità corrispondenti ai tanti punti  $m, m', m'' \dots$  in cui si divide la linea AB della sezione; nel secondo caso si determina l'altezza procedendo col seguente metodo pratico suggerito dal *Curioni* nella sua opera altra volta ricordata.

Colle note operazioni di rilevamento si determini la sezione trasversale dell'alveo del fiume nella località nella quale si ha da costruire il ponte, e il rilievo fatto si disegni in scala alquanto grande. Sulla sezione disegnata si segni l'orizzontale AB per modo, fig. 224<sup>a</sup>, che essa rappresenti il massimo livello a cui saranno per giungere le acque, in quel volume determinato già precedentemente e col metodo empirico. Si misuri quindi la superficie della figura ADB, scomponendola in trapezii e triangoli a mezzo di tante perpendicolari abbassate da altrettanti punti presi equidistanti o come vogliasi sulla linea AB, e il perimetro AmDnB della stessa figura; e determinata la pendenza dello stesso alveo, nella località medesima in cui si ha da costruire il ponte, lo che si ottiene dividendo la differenza di livello di due punti presi sull'alveo uno a monte e l'altro a valle della stessa località, per la distanza orizzontale dei punti medesimi; detti S la sezione, P il perimetro,  $p$  la pendenza, Q la portata si risolva la seguente equazione,

$$\frac{S}{P} \cdot p = a \left( 1 + b \cdot \frac{P}{S} \right) \frac{Q^2}{S^2} \quad (\text{III})$$

nella quale  $a$  e  $b$  sono due coefficienti numerici i quali hanno un valore variabile secondo la natura del fondo e della ripa dell'alveo, e rispettivamente di

0,00015; 0,03, se la superficie dell'alveo è molto liscia, come di cemento levigato, legno ben piallato ecc.;

0,00019; 0,07, se la superficie dell'alveo è molto unita, come sarebbe se fosse in pietra da taglio, in muratura, in tavole ecc.;

0,00024; 0,25, se la superficie dell'alveo è poco unita, come quella dei muri a secco, e dei canali scavati nelle rocce;

0,00028; 1,25, se la superficie dell'alveo è di terra.

Ora se la suddetta equazione offre nel valore di Q il volume d'acqua determinato empiricamente colla formula (I), la linea segnata AB rappre-

senta la linea del massimo livello delle acque. Se poi offre un valore maggiore o minore, bisognerà abbassare o innalzare la stessa linea AB fino a che, sostituiti nella equazione (iii) i valori di S e di P, si ottenga per Q un valore eguale o pochissimo differente dal valore offertoci dalla (i).

Determinata la vera posizione della linea AB, si determina facilmente la massima altezza delle acque, essendoci essa data dalla linea DC = A innalzata dal punto più basso del profilo AmdnB.

Il limite poi della velocità con la quale possono scorrere le acque nella località del ponte senza produrre corrosione si deduce dalla seguente tabella:

| NATURA DEL FONDO DELL'ALVEO                    | VELOCITÀ<br>LIMITE AL SE-<br>CONDO PER LE<br>CORROSIONI |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Fango e terra imbibita d'acqua. . . . .        | m. 0,076                                                |
| Argilla tenera . . . . .                       | » 0,152                                                 |
| Sabbia . . . . .                               | » 0,305                                                 |
| Ghiaia . . . . .                               | » 0,609                                                 |
| Ciotoli . . . . .                              | » 0,914                                                 |
| Pietre rotte quarzose . . . . .                | » 1,220                                                 |
| Ciotoli agglomerati e schisti teneri . . . . . | » 1,520                                                 |
| Rocce stratiformi . . . . .                    | » 1,830                                                 |
| Rocce dure . . . . .                           | » 3,050                                                 |

A determinare ora la luce libera del ponte si osservi, che, conoscendo il volume Q delle acque che passano per ogni secondo di tempo nella sezione dell'alveo in cui si ha a costruire il ponte, la massima altezza A delle acque, e la velocità limite di esse per riguardo ai danni di corrosione, e sapendo che la sezione medesima viene a restringersi in causa alle pile e alle spalle del ponte, che la velocità media delle acque s'augmenta in causa al restringimento di sezione, e che s'augmenta del pari l'altezza delle acque in causa al rigurgito cagionato dal ponte, essendo esso un ostacolo al libero scorrere delle molecole fluide, uopo è dedurre, e coi dati che si hanno,

1° la velocità media con cui le acque correranno per la ristretta sezione, deducendola dalla velocità limite al fondo per la corrosione;

2° la larghezza della sezione ristretta, ossia la luce libera del ponte, affinchè per ogni secondo, scorra per essa, e nella nuova velocità media ritrovata, lo stesso volume Q d'acqua precedentemente determinato;

3° infine l'aumento nell'altezza  $A$  delle acque cagionato dal rigurgito generato dal ponte.

Dicendo ora,  $v'$  la velocità media;

$V'$ , la velocità limite sul fondo, dedotta dalla tabella precedente, ed espressa in metri;

$S'$ , la sezione ristretta che presenta il ponte, ed espressa in metri quadrati;

$P'$ , la lunghezza in metri del perimetro bagnato della stessa sezione;

$p'$ , la pendenza per metro dell'alveo del fiume,

la stessa velocità media si ottiene, applicando la seguente relazione offerta dal *Bazin*, e cioè

$$v' = V' + 6 \sqrt{\frac{S'}{P'} p'} \quad (iv)$$

I valori di  $S'$  e  $P'$  essendo funzioni della somma delle larghezze delle sezioni rette delle aperture esistenti fra i piedritti, ove, trascurando per ora l'aumento dell'altezza  $A$  delle acque in causa al rigurgito, e considerando il profilo del fondo sotto il ponte siccome determinato dalla retta orizzontale  $af$ , fig. 225<sup>a</sup>, si dica  $x$  la somma delle larghezze,  $a b + c d + e f$  delle sezioni rette delle aperture fra i piedritti, ed  $n$  il numero delle stesse aperture, la sezione ristretta del ponte sarà espressa da

$$S' = A \cdot x$$

e il perimetro bagnato da

$$P' = x + 2 \cdot n \cdot A$$

Sostituendo i valori ora ritrovati nell'equazione (iv) si avrà ad espressione della velocità media, la relazione

$$v' = V' + 6 \sqrt{\frac{A x}{x + 2 n A} \cdot p}$$

E poichè per la sezione ristretta  $S' = A x$ , e colla nuova velocità media  $v'$ , deve passare per ogni secondo di tempo lo stesso volume  $Q$  precedentemente determinato, così si avrà la nuova relazione

$$Q = A x \cdot \left( V' + 6 \sqrt{\frac{A x}{x + 2 n A} \cdot p} \right) \quad (v)$$



equazione di 3° grado in  $x$ , e che generalmente si risolve procedendo a tentativi. Perciò s' incomincia dall' assegnare ad  $x$  un valore inferiore alla larghezza, che competerebbe alla sezione  $S$  dell' alveo nella località in cui si deve costruire il ponte, perchè supponendolo rettangolare e con altezza  $A$  risolvesse l' equazione (u), e si calcola il valore numerico del secondo membro dell' ultima equazione. Se questo valore s' eguaglia a  $Q$ , l' assegnato valore di  $x$  rappresenta la *luce libera* del ponte; se all' incontro riesce maggiore o minore di  $Q$ , converrà diminuire o aumentare l' assegnato valore di  $x$ , fino a che per esso, il valore numerico del secondo membro della stessa relazione (v) s' eguagli o differisca di poco dal valore di  $Q$ . L' accettato valore di  $x$  rappresenterà sempre la *luce libera* del ponte.

Ne resta ora a determinare l' aumento d' altezza dell' acqua, ossia la sopraelevazione del suo pelo in causa al rigurgito prodotto dal ponte, e la quale è sempre una frazione dell' altezza naturale dell' acqua.

Ora dicendo  $S$  la sezione retta del fiume, libera dal ponte;

$L$ , la sua larghezza in superficie;

$Sk$ , la sezione ristretta;

$m$ , un coefficiente di riduzione della sezione ristretta dovuto alla contrazione che ha luogo inevitabilmente allorquando l' acqua entra nella sezione medesima, la sopraelevazione  $x$  del pelo naturale delle acque, ossia l' aumento della loro altezza naturale, secondo il sullodato prof. Turazza (1), ne è dato da

$$x = \frac{1}{2} \cdot \frac{S}{L} \cdot \frac{\left( \frac{1}{m k} + 1 \right) \left( \frac{1}{m k} - 1 \right)}{\left( \frac{S}{Q} \cdot \sqrt{g \cdot \frac{S}{L} + 1} \right) \left( \frac{S}{Q} \cdot \sqrt{g \cdot \frac{S}{L}} - 1 \right)}$$

Qualora si giudichi sufficiente di esprimere la sezione retta libera della corrente, col prodotto della sua larghezza per l' altezza ragguagliata, detta  $A$  l' altezza ragguagliata dell' acqua a corso libero,  $L$  la larghezza della sezione libera, ed  $l$  la larghezza della sezione ristretta, sarà

$$S = A \cdot L; \quad k = \frac{l}{L}$$

e la relazione precedente si modifica nella seguente .

---

(1) Veggasi, Turazza, *Trattato d'Idrometria* già ricordato, cap. XII, *Dell' altezza del rigurgito nel caso d' un piccolo restringimento della sezione.*

$$x = \frac{A}{2} \cdot \frac{\left( \frac{L}{m l} + 1 \right) \left( \frac{L}{m l} - 1 \right)}{\left( \frac{L \cdot A \cdot \sqrt{g A}}{Q} + 1 \right) \left( \frac{L \cdot A \cdot \sqrt{g A}}{Q} - 1 \right)}$$

Il coefficiente  $m$  ha i seguenti valori

- 0,95, quando i piloni presentano alla corrente una faccia semicircolare, o un angolo acuto;
- 0,90, quando i piloni presentano un angolo ottuso;
- 0,85, quando presentano un quadrato con un lato perpendicolare alla direzione della corrente;
- 0,80, nel caso il più svantaggioso di piccole arcate, e quando l'imposta dell'arco sta sotto il pelo della corrente.

Determinata così la luce libera del ponte e la sopraelevazione delle acque, è duopo stabilire il numero delle pile e conseguentemente il numero delle arcate in modo però che la somma delle distanze orizzontali fra le faccie interne delle pile sia eguale alla luce libera determinata, e che l'imposta delle stesse arcate sia al disopra della massima altezza delle acque nelle loro massime piene.

894. METODO PRATICO PER DETERMINARE LA LUCE LIBERA D'UN PONTE. — Quando il livello delle massime piene non è conosciuto, e la pendenza e la sezione del fiume o del torrente non sono così regolari nella località in cui si deve costruire il ponte, da permetterne l'applicazione di tutto il procedimento consigliato nel paragrafo precedente, usasi di determinare la *luce libera* d'un ponte col metodo empirico seguente, bastantemente confortato da buone esperienze nelle località particolarmente di terreni poco permeabili.

Nelle estensioni di terreno piano, la luce libera d'un ponte si determina in ragione di m. 0,45 a m. 0,50 per ogni 1000 ettari di terreni tributario, ossia di terreno le cui acque scolano per il fiume. Se il terreno è inclinato, e le altezze massime che circondano il bacino del fiume s'elevano per 50 metri al disopra del filone o *thalweg* del fiume, la luce libera del ponte si determina in ragione di m. 1,25 e anche di m. 2 per ogni 1000 ettari di terreno tributario. La ragione della stessa luce s'aumenta ancora poi se il bacino è racchiuso fra montagne più alte e inclinate, dacchè le acque di pioggia arrivano più presto e in maggior copia nel fiume che le acque medesime raccoglie.

895. LARGHEZZA D'UN PONTE. — La larghezza d'un ponte, ossia la

distanza fra le faccie interne dei parapetti che lo limitano, varia in ragione della circolazione che s'effettua nelle strade a cui esso fa seguito, e dipende generalmente dalla larghezza di queste, della quale però si fa sempre minore.

D'ordinario per le vie carreggiabili, ed ove vogliasi effettuato il cambio delle vetture, e assicurato il passaggio dei pedoni lateralmente ai parapetti la larghezza del ponte non può essere minore di m. 5,50. Per le vie ferrate ad un solo binario la larghezza stessa può esser compresa fra m. 4,30 e m. 5. E infine per le vie ferrate a due binari la stessa larghezza si farà tra i m. 7,40 e i m. 8.

Quando il ponte fosse molto lungo, usasi, per sicurezza dei cantonieri che si trovassero in esso al passaggio dei convogli, e ove il ponte fosse in muratura, di prolungare la larghezza del ponte, in corrispondenza di tutte o solamente di alcune pile, e di formare dei ripari circolari in risalto sulle fronti del ponte.

896. PROVA DEI PONTI DOPO IL LORO COMPIMENTO, E PRIMA DI PERMETTERVI LA CIRCOLAZIONE. — A sicurezza della circolazione medesima e particolarmente pei ponti di ferrovie, usasi dopo il loro compimento di sottoporli ad un sovraccarico accidentale, quanto più grande è possibile comparativamente alla destinazione del ponte. Questo sovraccarico differisce poi secondo la materia di cui è costruito il ponte, e secondo che sostiene il suolo d'una via ordinaria o ferrata. Pei ponti in legno per ferrovia il sovraccarico di prova consiste nel farvi passare prima una sola locomotiva, indi due e tre accoppiate, lo che equivale ad un carico doppio di un convoglio di merci. Pei ponti in ferro e muratura il sovraccarico si accresce, e invece d'una sola locomotiva, la prima volta se ne fanno passare due accoppiate, facendole scorrere lentamente e facendole fermare alla metà di ciascuna travata, indi 4, 8 e anche 10 locomotive accoppiate.

Quando i ponti sostengono invece il suolo d'una strada ordinaria la prova si fa con un sovraccarico proveniente prima da un peso distribuito sul ponte e in ragione di 400 a 500 chilogrammi per metro quadrato del suolo stradale, indi o dai maggiori pesi che possano accidentalmente passare sul ponte, caricati però su d'un carro, o altro veicolo, tirato da buoi o da cavalli; oppure da compagnie di 300 o 400 uomini i quali tenendosi strettamente a contatto, e divisi in drappelli o in file di 6 e 8 uomini, o più secondo la larghezza, l'entità, e la materia, con cui è costruito il ponte, percorrono il suolo della strada a file strette, e prima a passo accelerato, indi a corsa e battendo i piedi sul suolo medesimo, per parecchie volte di seguito e a brevi intervalli ripetuti.

## CAPITOLO II.

### Ponti in legname.

897. CONSIDERAZIONI GENERALI. — I ponti in legname si possono considerare siccome forti tavolati, costruiti a traverso un fiume o altro corso d'acqua, per congiungere le due porzioni d'una strada intersecata dallo stesso fiume.

Antichissimo è l'uso di questi ponti, essendo stati essi i primi ad essere costruiti, per la facilità con cui poteansi congiungere due pezzi di legname prima ancora che si studiasse la congiunzione delle pietre, e dei metalli, e per l'abbondanza della materia prima.

Di presente però il loro uso ne è assai ristrettissimo in riguardo alle frequenti riparazioni a cui obbligano, particolarmente se costruiti in località molto frequentate, e alla maggiore stabilità che presentano i ponti in pietra e in metallo. D'ordinario quindi non s'adottano che per congiungere due porzioni di strada di poca importanza e di poca attiva circolazione; quando particolarmente ancora, ne sia maggiore la spesa per una consimile costruzione in muratura; o infine, e questo avviene assai di sovente, quando si richiede un mezzo provvisorio per facilitare i trasporti in una via, ordinaria o ferrata, d'attiva circolazione, fino a che non vi si sia definitivamente provveduto con un ponte in muratura o in ferro. Senza citare in proposito esempi delle estere nazioni, basti per tutti, l'esempio del ponte provvisorio in legno fatto costruire sul Po presso Piacenza dalla Società dell'Alta Italia, fino alla definitiva costruzione del bellissimo ponte in ferro che oggi s'incontra sulla ferrovia Milano-Piacenza.

898. PRINCIPALI SISTEMI DI PONTI IN LEGNAME. — I sistemi di costruzione dei ponti in legno si possono ridurre a tre, due dovuti all'architetto italiano *Palladio*, e di presente più o meno modificati; il terzo all'americano *Town*, per cui si dicono sempre ponti all'americana. Questi sistemi sono:

- 1° *Ponti a impalcatura semplice o a travata rettilinea;*
- 2° *Ponti ad impalcatura armata, o a castello, o ad arco;*
- 3° *Ponti a graticci o all'americana.*

899. COSTRUZIONE DEI PONTI A TRAVATE RETTILINEE, O AD IMPALCATURA SEMPLICE. — La costruzione di questi ponti, come di qualunque altra opera d'arte, dipende da quella delle loro parti. Ora le parti principali dei ponti a travate rettilinee sono due, le spalle cioè o le testate, le palate o stilate; e l'impalcatura.

Le prime si costruiscono secondo tre tipi differenti, conosciuti meglio sotto la denominazione di *palate basse*, *palate alte*, e *palate a cavalletto*, secondo che sostengono a minore o a maggiore altezza l'impalcatura del ponte; oppure sostenendola alla maggiore altezza, il ponte è anche destinato a sopportare il passaggio di grandi pesi, e ad avere travate molto lunghe.

Le palate basse sono formate con robusti pali P, P . . , fig. 226<sup>a</sup> detti colonne, impiantati a rifiuto di maglio nel fondo del fiume, e parallelamente alla direzione della corrente; e tagliati tutti alla stessa altezza per sostenere sulle loro teste una trave T che dicesi *architrave* e che deve esser in un perfetto piano orizzontale.

Le palate debbono estendersi a tutta la larghezza del ponte; e in loro continuazione, ma più a monte che a valle, debbono impiantarsi altri pali o colonne P', P' . . . sia per rinforzo della palata, sia per difesa di essa, massimamente coi pali posti a monte, dall'urto diretto dei galleggianti che le acque possono trasportare. A questo scopo, i pali posti a monte del ponte si tagliano ad altezza decrescente dal primo palo o colonna della palata alle acque magre, e si collegano con una trave T' detta *capello*, per così formare un insieme di pali che in arte denominasi *tagliacqua* o *sperone*.

A meglio poi assicurare la stabilità della palata e collegarla allo sperone o tagliacqua, conviene riunire tutto il sistema con diversi ordini di fasce orizzontali F e fasce oblique F' che a maggior solidità si possono far doppie a guisa di filagne e contro filagne, dall'una e dall'altra parte cioè dei pali, congiungendole ad essi con incastro e con forti caviglie di ferro.

Le palate alte, quelle cioè che debbono sostenere l'impalcatura ad una altezza tale per cui non fosse possibile di avere dei pali bastantemente lunghi, si costruiscono formandole di due parti, la più bassa delle quali sta perennemente entro l'acqua, e serve per così dire di basamento alla superiore, la quale potendo danneggiarsi maggiormente nei pali che la costituiscono per le alternative d'umido e di secco a cui è soggetta, può indipendentemente dalla sua base, in tutto o in parte, essere rinnovata.

Ora a costruire le palate alte s'incomincia dal formare la parte bassa di ciascuna, piantando a rifiuto di maglio tanti pali P, P . . . quanti debbono essere i pali o le colonne superiori corrispondenti, tagliando le teste di questi pali allo stesso livello e poco sotto al pelo magro del fiume, e collegando quindi le teste medesime con incastri e caviglie a un doppio ordine di filagne o fasce F, F, . . . fig. 227<sup>a</sup>. Superiormente ai pali di base, e corrispondentemente a ciascuno, si collocano altret-

tanti pali o colonne  $P'$ ,  $P''$ ..., congiungendoli ai primi a mezzo di robusti perni di ferro infissi sulle teste dei pali di base, e collegandoli prima tra loro con un altro doppio ordine di filagne  $F'$ ,  $F''$ ... inchiodate e connesse a incastro nei loro piedi, quindi ai pali di base con caviglie di ferro verticalmente e orizzontalmente poste.

Anche alle palate alte conviene unire uno sperone o tagliacqua particolarmente a monte del ponte, e formato con un sistema di pali di altezza discendente, collegati nelle loro teste da un capello come dissi dianzi per le palate basse, e congiunti ai pali o colonne della palata a mezzo di fascie orizzontali ed obblique.

Se il fiume attraverso il quale si vuol costruire il ponte, conduce colle sue acque e in tempi di piena, dei macigni o galleggianti di gran volume, è buon consiglio di stabilire nella direzione delle palate degli speroni isolati conformati come quelli che si collegano alle palate, e colla faccia inclinata in verso il monte del fiume, affine di arrestare i galleggianti e gli altri corpi trasportati dalle acque, o sviarli almeno dalla direzione degli speroni collegati alla palata, dirigendoli nel mezzo della travata, o campata del ponte. Spesso, bastano all'uopo dei semplici pali infissi sempre a monte del fiume, in direzione delle palate e alquanto discosti da esse.

Quando il volume delle acque che scorre nel fiume giunge ad altezza considerevole è bene formare le palate alte, costruendo la parte superiore sopra un basamento più largo formato da un doppio ordine di pali disposti parallelamente alla direzione del filone, e per modo che trovinsi in due distinti piani verticali distanti fra loro per poco più di un metro. Le teste dei pali di ciascun ordine sono strette dalle filagne e controfilagne  $F$ ,  $F'$ ,... Ai due ordini di pali sono appoggiate per traverso delle travi  $T$  dette *banchette*, e per modo che ciascuna di esse riposi sopra due pali posti l'uno di contro l'altro. Sul mezzo poi delle *banchette* si elevano i pali  $P'$ ,  $P''$ ,... formanti la parte superiore delle palate, collegandoli fra loro e nei piedi, dalle filagne e contro filagne  $F'$ ,  $F''$ ... e congiungendoli solidamente ai pali di base a mezzo di caviglie verticali e orizzontali, e il tutto come mostra la fig. 228<sup>a</sup>.

In fine le *palate a cavalletto*, appositamente per valere a sostenere un'impalcatura che ha da rimanere molto alta e da essere gravata di pesi considerevoli, quali il roteggio delle vetture in vie carreggiabili, e dei convogli in vie ferrate, sono pur esse formate da due parti, il basamento cioè, e la palata superiore; ma hanno una base assai più larga, e meglio conformata alla maggior pressione che la base medesima deve sopportare.

Siffatta base è formata da 6 pali infissi nel fondo del fiume a rifiuto

di maglio, e disposti tre per tre in due piani verticali e paralleli alla direzione della corrente. Ad essi si uniscono due appendici formate diversamente secondo che trovansi alla parte della corrente o a parte opposta. Nel primo caso l'appendice è formata da tre pali infissi anche essi a rifiuto di maglio e formanti colla loro proiezione orizzontale uno sperone o tagliacqua triangolare. L'appendice opposta alla corrente è appena formata da due pali infissi sempre a rifiuto di maglio, e ciascuno in prosecuzione di uno dei piani verticali in cui dissi doversi trovare i 6 pali della base della palata.

Le teste di questi 11 pali di fondazione tagliate allo stesso livello e inferiormente al pelo delle magre, si congiungono fra loro mediante travi orizzontali, disposte in senso longitudinale, trasversale e diagonale.

Superiormente poi ai primi 6 pali che indicai siccome formanti la vera base delle palate, s'innalzano otto grosse travi inclinate in senso opposto, le quali unendosi ad un architrave orizzontale posto all'altezza designata per la palata superiore, formano il cavalletto della stessa palata. Questo cavalletto poi è rinforzato con un doppio ordine di filagne orizzontali, con altre travi inclinate, che dagli estremi dell'architrave vanno ad appoggiarsi ai pali posti in appendice alla base della palata, e uno dei quali travi forma il cappello dello sperone o partiacqua e con tre ordini di staffe inclinate, come offre in esempio la fig. 229<sup>a</sup>.

Le palate di testa del ponte, ossia le testate o le spalle si costruiscono nello stesso modo delle palate. Solo è da avvertirsi che ad esse si collegano da una e dall'altra parte due appendici di pali o colonne P', P''... aventi i loro assi posti in piani verticali, e simmetricamente divergenti dall'asse del ponte in verso il terrapieno che conduce la strada sullo stesso ponte, e come dimostra la fig. 230<sup>a</sup>. I pali delle due appendici delle palate di testa debbono avere altezze decrescenti in corrispondenza al pendio degli stessi terrapieni che essi sostengono e sono collegati nella loro testa da una trave inclinata. Quando si dubita che la spinta delle terre possa danneggiare la testata, o si pone posteriormente ai pali un tavolato verticale per così sostenere il terrapieno e le sponde del fiume, oppure si pianta una fila di pali P', P''... nell'interno del terrapieno, meno alti però dei pali o colonne della testata, e questi si collegano mediante tiranti T. T... inclinati dai pali della testata, verso i pali interni P', P''....

Le impalcature dei ponti a travate rettilinee si compongono dell'ossatura e del palco.

L'ossatura si costruisce appoggiando anzitutto sui singoli architravi che coronano le teste dei pali, e tanto delle palate, quanto delle testate una mensola *m* fig. 231<sup>a</sup> per modo che il mezzo di ciascuna corrisponda

al mezzo della testa della colonna o del palo che la sopporta; e sulle mensole si dispongono quindi altrettanti travi T che costituiscono la principale ossatura della travata.

Ciascuna di queste travi si fa sostenere da una sottocatena *c*, e da due saettoni *s* inclinati a 45°, e appoggiantisi coll'estremità superiore alla sottocatena, e coll'estremità inferiore ai rispettivi pali della palata ma alquanto sopra il pelo delle massime acque. Spesso, e quando è alquanto lunga ciascuna mensola e si ha dubbio che essa possa inflettersi alle estremità, o riescano lunghi i saettoni, si rinforzano le mensole a mezzo di altre piccole razze *s*, e i saettoni a mezzo di stasse *o' o'*. Tutti i pezzi poi componenti la descritta ossatura si uniscono e si rinforzano col mezzo di fasciature e chiavarde di ferro.

Non tutti i pezzi però notati nella or descritta impalcatura s'impiegano per le travate di tutte le lunghezze. D'ordinario alle travate appena lunghe per 4 metri si usa un' impalcatura formata dalle sole mensole e qualche volta anche dalle mensole e dalle travi.

Quando la travata è lunga fra i 4 e i 7 metri, alle mensole e alle travi si aggiungono i saettoni; se è lunga fra i 7 e i 12 metri, ai saettoni s'aggiungono le sottocatene, e le stasse *o*; se infine la travata è lunga fra i 12 e i 16 metri allora l'impalcatura si costruisce con tutti i pezzi che notai superiormente.

Il palco delle impalcature dei ponti a travate rettilinee varia nella sua costruzione secondo che il ponte è destinato a sopportare il suolo d'una strada carreggiabile, o d'una strada ferrata.

Nel caso di strada carreggiabile, il palco si forma a mezzo di traversoni distanti 1 metro l'uno dall'altro, e posti sopra le travi longitudinali già vedute. Sui traversoni si pone la prima *coperta* della strada formata da tavoloni longitudinali inchiodati ai traversoni, posti a breve distanza l'uno dall'altro per avvantaggiarsi del contatto dell'aria, e possibilmente ricoperti da uno strato di sostanze idrofughe per difenderli dall'umidità. Su questa coperta poi, o si stabilisce un altro strato di tavoloni posti per traverso, oppure, e questo avviene più spesso, si costruisce un pavimento a schiena con ghiaia e sabbia. Le selciature sui ponti in legname non si usano perchè verrebbero sconnesse continuamente in causa alle oscillazioni prodotte dal passaggio dei pesanti veicoli.

Il suolo stradale dei ponti in legname a travate rettilinee è riparato lateralmente da parapetti in legname costruiti a mezzo di colonnette verticali, assicurate da puntelli interni ed esterni connessi alle estremità dei traversoni, e riuniti fra loro da una trave orizzontale o cappello connessa alle teste delle stesse colonnette, e da spalliere formate a foggia differente secondo il piacere del costruttore, purchè sempre solide e bene connesse alle stesse colonnette, come mostra la fig. 23<sup>a</sup>.



Quando il palco debba sostenere il suolo d'una via ferrata le guide o le rotaie di essa si pongono in opera su longarine o correnti in legname che appoggiano sulle travi longitudinali dell'ossatura, ricoprendo questa con tavoloni posti trasversalmente, inchiodati alle travi longitudinali, e ricoperti nella parte compresa fra le rotaie d'uno stesso binario, d'una lamiera metallica affine d'ovviare ai danni che vi apporterebbe la caduta dei carboni accesi nel passaggio delle locomotive.

900. DIMENSIONI DEI DIFFERENTI PEZZI COMPONENTI I PONTI IN LEGNAME A TRAVATE RETTILINEE. — Le dimensioni dei differenti pezzi componenti le palate e l'impalcatura dei ponti a travate rettilinee, dipende come vedesi facilmente, primieramente dal carico permanente e accidentale che gravita sul suolo del ponte, secondariamente dallo sforzo particolare da cui ciascun pezzo è cimentato in causa al peso stesso del ponte, e alla posizione di ciascun pezzo medesimo.

Per riguardo al peso del ponte esso proviene dal peso rispettivo dei materiali da cui è formata l'impalcatura, da quello dello stesso suolo stradale, e del carico che può provenirgli dalla circolazione che vi si effettua. In altro paragrafo porterò specificato meglio questo carico. Per riguardo poi allo sforzo che cimenta ciascun pezzo, e meglio alle dimensioni che deve averci il pezzo medesimo a seconda del genere di resistenza che egli deve opporre, stimo sieno sufficienti all'uopo le considerazioni fatte al Libro Secondo, e al Capitolo VII del Libro Settimo; per cui meglio che rinnovare le considerazioni medesime e risolvere problemi novelli per dettato, ma basate sempre su le medesime considerazioni già fatte, stimo di riferire qui e ordinatamente le dimensioni, che pei singoli pezzi delle palate e delle impalcature, adottano i migliori pratici.

Le dimensioni delle sezioni rette dei pali o colonne delle palate variano al variar del peso da cui sono gravate, dalla distanza e dal numero dei pali di ogni palata o testata, dalla qualità o meglio dall'essenza del legname, e infine dalla distanza delle palate.

In generale però per riguardo all'essenza suolsi prescegliere il larice rosso, per riguardo alla distanza dei pali in una medesima palata o testata suolsi assegnare da m. 0,75 a m. 1,50 da asse ad asse dei pali, e per riguardo infine alle dimensioni della sezione retta, soglionsi tenere fra m. 0,30 e m. 0,40, se la sezione è quadrata, fra m. 0,35 a m. 0,50 se la sezione è circolare, non mai però una dimensione che sia inferiore al  $\frac{1}{20}$  della lunghezza dei pali.

Le dimensioni delle sezioni rette dell'architrave, delle mensole e dei travi longitudinali variano fra m. 0,30 e m. 0,40 secondo che si effettua nel ponte un passaggio di piccoli pesi, o sono questi invece considerevoli.

Le flagne, le saette e i saettoni, variano anche nelle dimensioni delle loro sezioni rette da m. 0,20 a m. 0,25 e m. 0,30.

I traversoni poi che servono di sostegno alla prima coperta di tavoloni, si pongono d'ordinario alla distanza d'un metro l'uno dall'altro, assegnando ad essi per dimensioni della loro sezione retta dai m. 0,20 ai m. 0,30.

Ai tavoloni della coperta si assegna per dimensione di grossezza dai m. 0,10 ai m. 0,12. E infine al cappello del parapetto e alle colonnette del medesimo, le quali d'ordinario si fissano di due in due traversoni, si danno per dimensioni delle loro sezioni rette dai m. 0,20 ai m. 0,30 per il primo, e dai m. 0,12 ai m. 0,20 per le seconde.

901. COSTRUZIONE DEI PONTI AD IMPALCATURA ARMATA, O A CASTELLO, O AD ARCO. — Questi ponti sono differenti dai ponti a travate rettilinee, e per le palate, e per il modo con cui è sostenuta l'impalcatura del ponte.

Le palate o testate sono d'ordinario in muratura. L'impalcatura poi è sostenuta da un'armatura che immaginata dal *Palladio* secondo un insieme di più incavallature come dimostra la fig. 233<sup>a</sup>, ha terminato in un arco circolare fatto con molti pezzi di legname, quasi alla foggia degli archi in muratura.

Non essendo però, le armature ad arco nè molto più in uso, nè molto più stimate, causa il grave difetto di cui si addebitano: di contrarsi cioè e restringersi gli archi per modo da produrre un abbassamento notevole nel mezzo del ponte, e tale da compromettere la stabilità del medesimo, e renderlo inservibile prima assai che il naturale deperimento del legname obbligasse a ripararlo; mi limito ad una breve descrizione del sistema primitivo del *Palladio*, nella costruzione dei ponti ad impalcatura armata o a castello, non mancando al tempo stesso d'avvertire che i piedritti di muratura che tengono il luogo di testate o di palate, debbono avere le dimensioni della loro sezione retta, quali risulteranno dall'applicazione delle considerazioni che farò in avanti per le pile e spalle dei ponti di struttura murale.

La fig. 234<sup>a</sup> rappresenta il primo ponte in legno ad impalcatura armata o a castello ideato da *Palladio*, e da lui fatto eseguire dal carpentiere *Martino da Bergamo*, sul torrente *Cimone* al piede delle Alpi, fra Bassano e Trento. Esso, come vedesi è ad una sola arcata, o campata, della lunghezza di m. 32,64, divisa in sei campi eguali a mezzo delle travi *t, t...* grosse per m. 0,30, e disposte trasversalmente come le dimostra la parte B della figura.

A queste travi sono appoggiate altre travi longitudinali che coi panci inchiiodativi superiormente, formano il tavolato del ponte sul quale si

stabilisce il suolo stradale. Travi e tavolato sono sostenuti solidamente da un sistema di armature esterne formanti i lati ossia i parapetti del ponte, e costituite ciascuna da tre grandi pezzi di legno, due dei quali  $m$ ,  $n$  inclinati in contrario senso, sostengono quello di mezzo  $n$ , essendo al tempo stesso sostenuti da tre piccole incavallature che hanno per catena le due travi esteriori del ponte. La grande armatura poi ossia i tre pezzi  $m$ ,  $n$ ,  $n$ , e le tre incavallature sostengono dei monaci  $o$ , ai quali si sono sospese le travi longitudinali  $t$ , che dividono la lunghezza del ponte in sei campi, col mezzo di tiranti di ferro fermati solidamente alle estremità delle stesse travi.

Questo fu il primo tipo dei ponti ad impalcatura armata o a castello, ideato da *Palladio*, e bastantemente resistente a pesi considerevoli senza dubbio alcuno che potesse piegarsi o deformarsi, in causa appunto alla disposizione dei pezzi solidamente connessi fra di loro, e formanti triangoli che non permettono deformazione di sorta.

E poichè all'aumentarsi del numero di questi triangoli si rendevano più piccole le lunghezze dei rispettivi pezzi e conseguentemente si aumentava la loro resistenza, così e lo stesso *Palladio*, ed altri dopo di lui modificarono per tal modo il primitivo tipo, che nel 1784 l'ingegnere francese *Chozev*, e sempre sul principio che aumentando il numero dei triangoli, e conseguentemente i lati del semipoligono che chiudono superiormente il ponte, s'aumentava del pari la resistenza del sistema, accrebbe per modo tale il numero dei lati del semipoligono medesimo da convertirlo in una curva, foggiano quindi ad arco il sistema dei ponti a castello o ad impalcatura armata ideata dal *Palladio*. Il nuovo sistema fu accolto per qualche anno con favore, e fu adottato nella costruzione di molti ponti particolarmente in Francia; non ebbe però il favore medesimo lunga vita, chè riconosciuto il difetto di cui dianzi addebitai il sistema, e veduta l'impossibilità d'ovviarlo, s'abbandonò quasi totalmente il sistema medesimo.

902. COSTRUZIONE DEI PONTI A GRATICCI O ALL'AMERICANA. — Premurosa di costruire strade ferrate, e di facilitare i mezzi di trasporto, l'America, che per la prontezza d'esecuzione, e per il minor prezzo di costo, preferì il più soventi i ponti in legname ai monumentali e solidissimi ponti in muratura, ha dovuto studiare pei ponti in legname un sistema, che ai pregi anzidetti, riunisse quello principalissimo della maggior resistenza e della maggior solidità compatibile col legname stesso. Fra i tanti sistemi però immaginati e posti in esecuzione dagli americani per attraversare i grandi fiumi, i laghi e i brani di mare che frapponevano ostacoli alla più spedita e più attiva comunicazione fra i più grandi centri di popolazione, nessuno, a parere degli uomini più dotti nella materia

ha raggiunto meglio la meta, ha riunito in se maggiori vantaggi e per l'economia e per la stabilità, del sistema immaginato dallo *Town* e tuttora conosciuto col nome di sistema di ponte a graticci e meglio ancora sistema americano.

Questi ponti a graticci sono formati con travate in legname, lunghe d'ordinario da 40 a 60 metri e sostenute da pile e spalle quasi sempre in muratura. La lunghezza di essi è spesso notevolissima, e a parte le ordinarie di 500 e 600 metri, il *Laboulaye* ricorda i due ponti gittati l'uno sul fiume *Susquehanna* a Colombia, l'altro sul *Potomac* a *Washington*, lunghi ciascuno per 2011 metri.

Colla scorta quindi dello stesso *Laboulaye* (1) ecco una sommaria descrizione di questi ponti americani o a graticci, e una nota sulla loro resistenza e sul loro costo.

903. PARTI PRINCIPALI DEI PONTI ALL'AMERICANA, E LORO COSTRUZIONE.

— Le principali parti d'un ponte a graticci o all'americana sono due, i piedritti cioè sui quali riposano e s'impòstano due travi longitudinali che sostengono l'impalcatura, la quale forma la seconda parte.

I piedritti, spalle e pile cioè, ordinariamente, e pei ponti stabili sono in muratura; pei ponti provvisori si fanno in legname, ma sul sistema però delle palate a cavalletto.

Un esempio delle pile e spalle in legname per un ponte all'americana, ne lo offri il ponte provvisorio costruito sul Po presso Piacenza per la linea Milano-Piacenza.

Le travi longitudinali, e le quali spesso fanno anche l'ufficio di parapetti laterali, sono formate da un graticcio di tavole più o meno grosse, collegate nella parte inferiore e superiore da un doppio ordine di fascie o correnti longitudinali, come dimostra la figura 235<sup>a</sup>. Gli incrociamenti sono assicurati gli uni agli altri col mezzo di caviglie di ferro, o anche di legno, ma le fascie o i correnti sono collegate al graticcio con robuste chivarde di ferro. Esse travi poi sono sempre ricoperte da un tavolato in legname, affine di preservarle dalle intemperie, ed assicurarne la conservazione per molti anni.

L'altezza di queste travi varia a seconda dell'importanza, e ancora meglio del peso che devono sostenere. Non è raro il caso che ciascuna trave sia anche di 5 e 6 metri d'altezza, essendo allora formata dall'unione di due travi alte ciascuna dai 2 ai 3 metri, per cui allora ciascuna trave ha tre o quattro ordini di correnti.

Quando le travate siano notevolmente lunghe, o le travi longitudinali

---

(1) *Dictionnaire des Arts et Manufactures* etc. par M. Ch. Laboulaye. Paris. Librairie du *Dictionnaire des Arts et Manufactures*. Troisième édition. 1870.

siano con tre o più ordini di correnti, conviene spesso, e per la maggior solidità e rigidezza del sistema, di collocare dei ritti verticali in ciascuna tavola, e come diagonali dei rombi formati dal graticcio, alla distanza, di tre o quattro rombi rispettivamente.

La terza parte principale dei ponti a graticci, è il tavolato, la cui disposizione è assai semplice. Esso viene costruito sopra travi trasversali che si collocano semplicemente sui correnti orizzontali delle travi longitudinali fatte a graticcio, e congiunte ad essi con semplici intaccature. Quando il ponte è una *passerella*, ossia come già dissi, è destinato per soli pedoni, le travi trasversali si collocano alla distanza reciproca di m. 1 a m. 1,50, e su di esse si costruisce il tavolato con tavole grosse da m. 0,10 a m. 0,12. Quando all'incontro è destinato per il roteggio, e vuolsi un passaggio libero per pedoni, si costruiscono lateralmente due marciapiedi, ponendo sulle travi trasversali due ordini di correnti, o longarine, distanti fra loro e per ciascun ordine, da m. 1 a m. 1,50, e su di esse s'inchiodano le tavole per formare i marciapiedi. La coperta su cui si effettua il roteggio si costruisce quindi formando prima un tavolato nell'intervallo dei marciapiedi con tavole fra loro congiunte, e sopra di esso un altro tavolato di legno di mediocre qualità su cui ha luogo il roteggio delle vetture. È meglio però che il primo tavolato si ricopra d'uno strato di bitume o di asfalto e sopra di esso si costruisca la massicciata di pietrisco.

Quando le travi trasversali che sostengono il tavolato s'appoggiano ai correnti superiori delle travi a graticcio, queste non fanno allora l'ufficio di parapetti, e conviene costruirne appositamente per la difesa del pubblico passaggio.

Spesso di sotto al tavolato e delle travi trasversali, e a maggior solidità delle medesime, massimamente se debbono sostenere il passaggio dei convogli in via ferrata, si pongono delle armature collegate a croci di Sant'Andrea, come dimostra la fig. 236<sup>a</sup>. In simil caso però come vedesi, queste ultime armature s'appoggiano su un doppio ordine intermedio di correnti orizzontali.

Conosciute così le principali parti di cui si compongono i ponti a graticci o all'americana, ecco il modo con cui si collegano le parti medesime e il modo con cui si pongono in opera le travi longitudinali che sono a vero dire, la parte principalissima degli stessi ponti. Esse quindi, e meglio il graticcio, i correnti orizzontali, e i ritti verticali che le formano, si congiungono sul cantiere del lavoro, e quindi si collocano a posto, e per porzioni di alcuni metri di lunghezza, valendosi di alcuni punti d'appoggio procurati sia col mezzo di leggieri ponti di servizio, sia col mezzo di barche assicurate alle pile. Collocate a posto le due travi

longitudinali è facile montare l'impalcatura del ponte e formare il tavolato, e il suolo stradale come accennai superiormente.

Le stesse travi poi s'appoggiano sulle pile di legno o di muratura che limitano le travate, e con esse si collegano a modo da presentare la massima solidità, e da trovarsi in un perfetto piano orizzontale affine di distribuirsi egualmente e sulla sezione della pila, il peso o la pressione verticale che le pile stesse debbono sopportare. Quando le pile sono in legname, è bene che i pali o colonne della parte superiore di esse siano molto lunghi per potervi assicurare solidamente i differenti ordini di correnti che completano il graticcio. Sulle spalle invece, o sulle testate del ponte, le stesse travi longitudinali s'incastano colle loro estremità e per una lunghezza di uno o due metri, assicurandole nella rispettiva posizione col mezzo di staffe, bolzoni o caviglie di ferro, e anche col mezzo di alcuni tiranti verticali internati nella base delle stesse spalle o testate.

904. PESO CHE PUÒ SOPPORTARE UNA TRAVE LONGITUDINALE D'UN PONTE A TRALICCIO. — Quantunque la vera espressione analitica della resistenza delle travi longitudinali non sia ancora conosciuta, pure la maggior parte dei costruttori per quanto si rileva dal *Laboulaye*, si contentano di determinare il peso di cui può essere gravata uniformemente una trave longitudinale col mezzo della formula seguente, che sembra, sia stata suggerita dallo stesso *Town*, inventore dei ponti.

Dicendo P, il peso in chilogrammi che si può far sopportare alla trave;  
H, l'altezza totale della trave;

h, la distanza dei correnti;

e, la grossezza di due correnti riuniti;

l, la semilunghezza della travata espressa in metri;

R, un coefficiente di resistenza che nella pratica si adotta eguale a C. g. 600000 per il legno larice; e C. g. 500000 per il legno rovere,

il peso che può sopportare una trave longitudinale è dato dalla relazione

$$2P = \frac{R \cdot e \cdot (H^3 - h^3)}{3H \cdot l}.$$

Considerando poi il traliccio siccome mezzo di collegamento fra i correnti superiori ed inferiori, la grossezza d'un corrente, quando ne fossero note le altre quantità espresse nella detta relazione, sarebbe data da

$$e = \frac{3PH \cdot l}{R (H^3 - h^3)}.$$

899. PREZZO DI COSTO DEI PONTI ALL'AMERICANA. — Lo stesso *Laboulaye* riferisce che il *Town*, stimando il prezzo del legname da lire 22,60 a lire 27,12 per metro cubo, e il quale è il prezzo medio del legname in America, calcolò che un ponte costruito secondo il suo sistema sarebbe costato per metro corrente da lire 175 a lire 227 quando la travata fosse stata compresa fra 20 e 30 metri; e da lire 262 a 437 per metro corrente se la travata fosse stata fra i 35 e i 60 metri.

Il ponte americano che dissi già essersi costruito sul Po presso Piacenza, per quanto ne riferisce l'ingegnere *Cantalupi* nella sua opera già ricordata, è costato lire 474,33 per metro corrente.

906. CARICO DI CUI TROVANSI GRAVATE LE TRAVI LONGITUDINALI CHE SOSTENGONO L'IMPALCATURA DEI PONTI IN LEGNAME. — Il carico di cui trovansi gravate le travi longitudinali che sostengono l'impalcatura dei ponti in legno, si distingue in permanente e accidentale. Il permanente, e qualunque sia la destinazione del ponte, se per sostenere cioè il suolo d'una strada carreggiabile o d'una via ferrata, è sempre dato per unità di lunghezza di ogni trave longitudinale, dal quoziente del peso corrispondente al materiale contenuto nella porzione d'impalcatura sostenuta dalla trave, diviso per la lunghezza della trave medesima.

Il carico accidentale varia all'incontro secondo che il ponte sostiene il suolo d'una via carreggiabile o d'una via ferrata. Nel primo caso il carico accidentale può provenire da una calca di gente a piedi, o da una moltitudine d'uomini a cavallo, o da un affollamento di carri o altri veicoli carichi. E poichè il maggiore dei carichi che risulta dalle tre considerazioni, è quello che risulta da una calca di gente a piedi armata, e questo si può considerare in ragione di 600 chilogrammi per ogni m. q. d'impalcatura, così ad ottenere il carico accidentale di cui è gravata per unità di lunghezza ciascuna trave longitudinale dell'impalcatura del ponte, ne conviene moltiplicare 600 chilogrammi per la superficie in metri quadrati della porzione d'impalcatura sostenuta dalla trave, e dividere l'ottenuto prodotto per la lunghezza della stessa trave longitudinale.

Nel secondo caso, e quando cioè l'impalcatura del ponte sostenga le rotaie di una via ferrata, il carico accidentale di cui è gravata ogni unità di lunghezza delle stesse travi è dato dalla seguente tavola calcolata dall'ingegnere *I. Foy*, in base alla considerazione d'un treno di locomotive pesanti ciascuna 36 tonnellate con tre sale distanti di m. 1,80 e con sei ruote producenti in corrispondenza di ciascun punto di contatto colle rotaie, la pressione di 6000 chilogrammi.

CARICO ACCIDENTALE PER OGNI UNITÀ DI LUNGHEZZA  
DELLE TRAVI LONGITUDINALI SOPPORTANTI UNA VIA FERRATA AD UN BINARIO.

| Portata delle travi |       | Portata delle travi |       | Portata delle travi |       | Portata delle travi |       | Portata delle travi |       |
|---------------------|-------|---------------------|-------|---------------------|-------|---------------------|-------|---------------------|-------|
| Metri               | C. g. | Metri               | C. g. | Metri               | C. g. | Metri               | C. g. | Metri               | C. g. |
| 2                   | 12000 | 6                   | 7200  | 10                  | 5480  | 14                  | 4650  | 18                  | 4150  |
| 3                   | 8000  | 7                   | 6760  | 11                  | 5120  | 15                  | 4500  | 19                  | 4080  |
| 4                   | 7800  | 8                   | 6300  | 12                  | 4940  | 16                  | 4340  | 20                  | 4000  |
| 5                   | 7490  | 9                   | 5870  | 13                  | 4500  | 17                  | 4210  | 21                  | 3920  |

Se le travi sopportanti sempre una via ferrata ad un solo binario fossero minori di 2 metri, si ritengono sempre siccome gravate da un carico accidentale di C. g. 12000 per ogni metro; se invece, nelle medesime condizioni, fossero più lunghe di m. 21, si ritengono siccome gravate di 4000 chilogrammi per ogni metro.

Per le travi che hanno una lunghezza compresa fra due, qualunque delle notate nella tavola, il carico accidentale per ogni metro di lunghezza, o si determina proporzionalmente, oppure si assume quello corrispondente alla lunghezza immediatamente inferiore che è notata.

### CAPITOLO III.

#### Ponti in muratura.

907. CONSIDERAZIONI GENERALI. — Una o più arcate sostenute da piedritti, gli uni e le altre in pietre naturali o artificiali, e sulle quali s'appoggia stabilmente il suolo d'una strada ordinaria o ferrata, mentre sotto di esse scorre libero un corso d'acqua, o libera s'effettua la circolazione in un'altra via pur essa ordinaria o ferrata, costituiscono un ponte in muratura o in pietre. Primitivi i Romani a costruire siffatti ponti, ne eressero di tanta mole ovunque ebbero dominio, da sfidare per lunghi secoli le ingiurie del tempo. Basti per tutti il ponte di Rimini sulla Marecchia costruito da Augusto, e stimato da *Palladio* siccome il più bello dei ponti che egli avesse mai veduti; e il ponte Sant'Angelo a Roma, costruito dall'imperatore Adriano nell'anno 138, e ristaurato da papa Clemente IX nel 1668. Riguardati come monumenti dell'arte antica, i



ponti costruiti dai Romani non possono che destare meraviglia per la grandiosità dell'opera, e la esattezza dell'esecuzione.

Mancano però ad essi l'arditezza e la buona economia nel volume delle murature, che i moderni costruttori, e la moderna arte imprime alle opere del giorno, senza mancare alla solidità per la quale, anche le moderne opere potranno sfidare le ingiurie tutte dei lunghi secoli del tempo.

Il ponte di *Neully* dovuto a *Perronet* in Francia, il grandioso ponte sul Tamigi costruito in granito dal *Rennie*, e il grandiosissimo di *Bofalora* sul Ticino in Italia dovuto agli ingegneri *Gianella* e *Melchioni*, per tacere di tanti altri ponti in pietra, e di tutti quelli in ferro che si costruirono dappoi l'invenzione delle vie ferrate, possono bene stare a parallelo colle monumentali opere lasciateci dai Romani, quantunque di esse, e noi italiani per primi, ne dobbiamo andare orgogliosi, siccome opere dei nostri antenati, e siccome prime manifestazioni della nobil'arte del costruire.

I ponti che hanno una sola arcata con corda inferiore ai  $\frac{4}{5}$  metri, diconsi meglio *ponticelli*, e diconsi *viadotti*, quando i ponti, come già notai, e qualunque sia la loro apertura, sono costruiti per attraversare una vallata. D'ordinario i viadotti sono composti di due ordini di archi, di grandi dimensioni, l'uno sovrapposto all'altro, particolarmente quando si debba attraversare una vallata molto profonda.

La costruzione dei ponticelli e dei viadotti non differisce però dalla costruzione dei ponti, che nell'obbligo di regolare in questi ultimi la luce libera in ragione del volume delle acque che per essa deve passare, e nella determinazione d'una curva tale per l'intradosso della volta da permettere la navigazione del fiume, quando ne fosse il caso, e facilitare sempre il deflusso delle acque.

I ponticelli e i viadotti hanno la luce determinata, i primi dal volume fisso delle acque che passa sotto di essi, i secondi dalla distanza dei fianchi della vallata.

I ponti in muratura infine hanno da essere costruiti preferibilmente ai ponti in ferro e legname, quando vogliasi assicurare una maggiore stabilità, vogliansi ovviare le continue spese di riparazione, e si abbia una località in cui ne sia permessa la costruzione dei piedritti, e meglio delle pile in muratura, sulle quali appoggiare le arcate che sostengono il suolo stradale.

**908. PARTI PRINCIPALI ED ACCESSORIE D'UN PONTE IN MURATURA. —** Le principali parti d'un ponte in muratura sono le arcate, e i piedritti ossia le spalle e le pile. Sono poi parti accessorie tutte quelle che completando un ponte, ne assicurano maggiormente la sua stabilità.

Fra queste ricordo gli *speroni* ossia i *rostri* come si dicono comunemente, di cui sono armate le faccie esterne delle pile tanto a monte quanto a valle del corso d'acqua, affine di preservare le stesse pile dall'urto diretto delle acque e dei corpi che in esse galleggiano; i muri di *voltatesta* o *muri di risvolto*, e i *muri d'ala*; costruiti i primi allo scopo di sostenere le terre lateralmente ai piedritti che fanno da spalle del ponte, aumentando la resistenza di esse, siccome fanno gli stessi muri l'ufficio di contrafforti; i secondi per sostenere le terre medesime agli accessi del ponte e guidare meglio le acque nella luce libera del ponte, scemando per essi e nella stessa luce gli effetti della contrazione; e i *muri di fronte* valevoli, come lo indica il loro nome, a compiere le fronti del ponte insino all'altezza del suolo stradale rappresentata esternamente da una fascia che corre per tutta la fronte del ponte, e che dicesi anche *cornice di coronamento*. La parte di questi muri compresa fra l'estradosso delle arcate nei loro fianchi e la cornice, forma i così detti timpani del ponte, nei quali massimamente quando si ha il dubbio che le imposte delle arcate vengano superate dalle massime piene del fiume, non è raro vi si facciano dei fori circolari che diconsi *occhi* del ponte, e pei quali come è facile lo intendere, si scarica una certa quantità d'acqua. Non è a credere però che il beneficio di questi occhi, particolarmente quando non possano presentare una notevole sezione retta, compensi i danni che per essi ne vengono alla stabilità dell'edificio.

Infine le altre parti accessorie d'un ponte, quantunque alcune di esse si potrebbero ritenere come principali, sono le *cappe* di cui si ricoprono le volte dei ponti allo scopo d'impedire fino a queste il trapelamento delle acque piovane; gli *sfogatoi* necessari a scaricare le acque che cadono sul ponte; il *suolo stradale* sul ponte necessario ad agevolare, e dirò meglio a permettere la circolazione sia ai ruotabili per cui occorre la carreggiata; sia ai convogli di via ferrata per cui occorre di stabilire le guide o le rotaie; sia infine pei pedoni, e pei quali, ove non siavi facilità e sicurezza di transito nella carreggiata, occorre si costruiscano dei marciapiedi lateralmente allo stesso ponte; i *parapetti* infine necessari a garantire la circolazione nello stesso ponte.

La fig. 237<sup>a</sup> offre in prospetto e in sezione la veduta d'un ponte in muratura, con le principali parti indicate nella stessa figura.

#### 909. COSTRUZIONE DELLE PARTI PRINCIPALI E ACCESSORIE D'UN PONTE.

— La costruzione dei piedritti, spalle e pile cioè, e loro fondazioni, quella delle arcate dei ponti retti, ai quali solamente limito il mio studio, per tenermi nei limiti d'un'opera elementare; e quella infine dei *muri di voltatesta*, *muri d'ala*, *muri di fronte*, *timpani*, *cornice di coronamento* e *parapetti*, si eseguisce con le osservazioni e le norme

che ho suggerito al *Libro Quarto* per le opere di muratura e fondazioni; ai *Capitoli IV e V*, del *Libro Sesto*; e al *Cap. II*, del *Libro Settimo* particolarmente pei muri di voltatesta e i muri d'ala, che si considerano siccome muri di sostegno. Per riguardo poi alle cappe, e agli sfogatoi, le prime si costruiscono colle avvertenze date al paragrafo 699, *Cap. VII* del *Libro Sesto*, i secondi disponendo la muratura che trovasi sulle pile fra mezzo alle arcate, e in direzione di quella parte dei muri di fronte che denominai timpani del ponte, a superficie cilindriche inclinate alternativamente o verso il mezzo dell'estradosso di ciascuna arcata, e per modo che al punto stesso si radunino quattro superficie inclinate, oppure verso il mezzo delle pile.

Nel primo caso, nel punto di mezzo dell'estradosso si pratica un foro cuneiforme da cui si effettua lo scolo delle acque che penetrarono dal suolo stradale; nel secondo caso, e sul mezzo delle stesse pile si eseguiscano tante cunette, nelle quali si radunano le stesse acque che poi si scolano a mezzo di fori o sfogatoi praticati a determinate distanze sulla lunghezza delle arcate, e nella grossezza del muramento, e i quali sboccano nella superficie d'intradosso delle arcate laterali, e verso i fianchi o verso l'imposta. Questi sfogatoi d'ordinario sono di ghisa o di pietra.

Per riguardo infine al suolo stradale, e ai marciapiedi, quello si costruisce con le norme che darò nel seguente *Libro*, secondo che vogliasi preparare un suolo stradale per via ordinaria o ferrata; questi si costruiscono per una larghezza non minore d'un metro, elevati sulla superficie superiore della carreggiata nei limiti massimo e minimo dell'altezza d'un buon gradino, e inclinati per poco verso la stessa carreggiata, affine di indirizzare le acque che cadono su di loro verso alcuni sfogatoi che, raccogliendo anche le acque della carreggiata, trovansi distribuiti o di sotto al lembo della carreggiata, o di sotto agli stessi marciapiedi.

910. DIMENSIONI E FORMA DELLE ARCADE. — Le dimensioni delle arcate o delle volte dei ponti, riguardano particolarmente la corda, la monta o sacca della stessa arcata e la grossezza di esse alla chiave.

Ora la corda particolarmente della volta o dell'arcata dipendendo da particolari circostanze, non è facile poterla determinare *a priori*, o stabilirla entro limiti ristrettissimi. D'ordinario nei fiumi non navigabili e non soggetti a grandi piene s'adottano delle piccole corde, purchè però il fondo dell'alveo non presenti delle gravi difficoltà di fondazione delle pile, nel qual caso giova meglio dare agli archi una gran corda per diminuire il numero delle pile e delle particolari fondazioni. Le grandi corde si convengono anche per le arcate dei ponti costruiti in fiumi soggetti a grandi piene, o che facilmente trascinano masse di

ghiaccio, o altri corpi galleggianti, allo scopo sempre di diminuire gli ostacoli che l'acqua trova nelle pile al suo libero corso, ed ovviare ai danni che recherebbero sul ponte i continui ed impetuosi urti che sulle pile produrrebbero i galleggianti medesimi. Se infine il fiume è navigabile, è d'uopo proporzionare la corda delle arcate per modo che in causa alla prescelta forma delle arcate medesime, non debba sentirne svantaggio la navigazione. Un'altra circostanza che modifica la grandezza della corda, è la qualità del materiale impiegato nella costruzione dell'arcata ossia della volta del ponte. Adoperando pietre naturali abbastanza resistenti, le corde delle arcate possono essere assai più grandi di quello si facciano adoperando laterizii, o pietre poco resistenti. Dalle premesse cose si può dire che nei ponti ordinari è raro che la corda raggiunga una grandezza maggiore di 20 metri; che ove la luce del ponte riesca dai 20 ai 30 metri è meglio formare una sola arcata; e che infine ove i bisogni della navigazione e le condizioni del terreno per cui si accede al ponte non obblighino a costruire un arco, quello di mezzo cioè, di una corda differente a quella degli altri archi, è assai miglior consiglio fare eguali le corde di tutte le arcate, tenendo sempre queste e possibilmente in numero dispari, perchè così il filone del fiume incontri il vano d'un'arcata, e l'opera soddisfi alla legge generale di simmetria accennata nel paragrafo 628, *Libro Sesto*.

La monta delle arcate ha limiti più ristretti, tosto che siasi fissata la grandezza e la lunghezza della corda; e in un generale è consiglio dei pratici di tenerla possibilmente in un rapporto colla corda non inferiore al  $\frac{1}{6}$  della lunghezza della corda medesima.

Per riguardo infine alla forma delle arcate, essa come vedesi dipende dal rapporto fra la monta e la saetta. Gli antichi hanno sempre usato la forma semicircolare, compiacendosi di formare arcate a tutto sesto; e quando furono obbligati a qualche arcata ribassata usarono sempre l'arco di circolo. I moderni adoperarono più spesso le curve ellittiche, le ovali, e quelle a più centri, la cui costruzione la indica ampiamente in una nota alla fine del *Capitolo IV* del *Sesto Libro*.

Per ciò poi che riguarda la grossezza delle volte, o delle arcate alla chiave, mi riferisco al paragrafo 861 del precedente *Libro*.

**911. DIMENSIONE DEI PIEDRITTI, SPALLE E PILE CIOÈ, E LORO FORMA.** — Avendo i piedritti, spalle e pile cioè, un rettangolo per loro sezione orizzontale, di cui la lunghezza è sempre eguale o poco meno alla larghezza del ponte, la dimensione a determinarsi dei piedritti medesimi non è che la loro grossezza. Ora essa o si determina teoricamente in base alle considerazioni fatte nel *Libro* precedente, paragr. 884, oppure si determina a mezzo di regole e formule pratiche, fra le quali ricordo

quelle del *Léveillé* già riportate al paragrafo 868, e quelle che si deducono dalle tavole dello *Scheffler* che riporterò in avanti, e le quali tavole unitamente alle formule del *Léveillé*, godono di presente della fiducia generale degli uomini dell'arte. Per riguardo però alla forma, e quantunque generalmente essa sia un rettangolo, pure a monte e a valle del fiume, nella dimensione cioè di sua grossezza, essa viene modificata da due appendici che si aggiungono alla pila e alla spalla, e le quali, come dissi già diconsi *rostri* o *speroni* o *tagliacqua*. Il rostro posto a monte del fiume dicesi *avambecco* o *avanrostro*, quello posto a valle dicesi *retrobecco* o *retrorostro*.

La forma di questi rostri deve esser tale da agevolare lo scopo per cui furono costruiti, e per cui non solo debbono preservare le pile dagli urti diretti dei galleggianti che le acque trasportano, ma debbono per di più facilitare il passaggio delle acque frammenzo alle pile, diminuendo colla loro forma la contrazione che si verifica in questo passaggio, e quindi i vortici e i gorgli. La forma stessa quindi risultò a *Gauthey*, da apposite esperienze istituite, sfavorevolissima quando fosse rettangolare, abbastanza buona la semicircolare, migliore quella d'un triangolo equilatero, vantaggiosissima quella ottenuta con due archi di circolo tangenti alle due superficie di lunghezza della pila, e coi centri rispettivamente nelle faccie o nelle lunghezze medesime.

Questi rostri soglionsi d'ordinario innalzare fino al livello delle massime piene, per così preservare tutto il corpo delle pile dai danni degli urti, e soglionsi entrambi ricoprire da *cappucci* conici, piramidali, o di altra forma, conveniente però sempre al pronto scolo delle acque.

Anche alle spalle del ponte s'aggiungono le due appendici ora dette coi rispettivi cappucci, quantunque per la posizione in cui esse si trovano, e per la posizione dei muri di voltatesta o di risvolto, meglio che due interi rostri convengano alle spalle due mezzi rostri coronati ciascuno da un mezzo cappuccio, e uno dei mezzi rostri a monte, l'altro a valle.

Le pile e le spalle infine, d'ordinario e parallelamente alla corrente sono terminate da faccie verticali. Quando però piacesse di farle inclinate, il limite d'inclinazione è fissato fra  $\frac{1}{15}$  e  $\frac{1}{20}$  della loro altezza.

912. FORMULE PRATICHE PER DETERMINARE LA GROSSEZZA DELLE SPALLE DEI PONTI. — Le migliori formule che si conoscono in proposito sono quelle del *Léveillé*, già riferite al paragr. 868 del precedente *Libro*, e ad esse rimando il lettore, quando non vogliasi adottare le dimensioni che per le stesse spalle ne offrono le tavole dello *Scheffler* che qui riporto.

913. STABILITÀ DELLE ARCATI O DELLE VÔLTE DEI PONTI, E DEI PIE-

DRITTI CHE LE SOSTENGONO. — Determinata la grossezza alla chiave della vòlta, e la grossezza del piedritto, usando per quest'ultima comunque le formule teoriche o le formule pratiche, conviene verificare la stabilità, valendosi di quei mezzi che già indicai ai paragr. 857, 858 e 864 del precedente *Libro*.

914. TAVOLE PRATICHE DELLO SCHEFFLER PER DETERMINARE LA GROSSEZZA ALLA CHIAVE DELLE VÒLTE, E LA GROSSEZZA DELLE SPALLE DEI PONTI — Il già ricordato ingegnere *Scheffler*, nel suo *Trattato sulla stabilità delle costruzioni*, ha pubblicato delle tavole pratiche per determinare la grossezza alla chiave delle vòlte, e la grossezza delle spalle dei ponti, offrendole, in una alla illustrazione delle medesime, siccome istruzione pratica agli ingegneri delle strade ferrate del ducato di Brunswick.

Facendo precedere l'illustrazione delle tavole medesime, quale la ritrovo nel suindicato *Libro*, riporto qui sotto le tavole, limitandole però fino ad un'altezza di carico sulla chiave di 3 metri, e ad un'altezza di spalle dal piano delle fondazioni al piano d'imposta di metri 6.

E anzitutto le quantità di cui si tien calcolo nelle tavole, sono le seguenti:

- 2C, corda dell'arcata o della vòlta del ponte;
- m, saetta dell'intradosso;
- R, raggio dell'intradosso;
- $\alpha$ , angolo che il giunto d'imposta fa con la verticale;
- c, grossezza alla chiave;
- d, grossezza del giunto d'imposta;
- p, proiezione orizzontale del giunto d'imposta;
- s, spessore della spalla misurata all'imposta;
- o, altezza della spalla dal piano delle fondazioni all'imposta;
- h, altezza del carico sulla chiave della vòlta superiormente all'estradosso.

ISTRUZIONE SULLE TAVOLE. — L'unità di misura adoperata è il metro, e i numeri delle tavole sono tutti multipli o sotto multipli del metro.

Il carico *h*, si ammette che sia terminato superiormente alla vòlta in un piano orizzontale, e che sia formato da un solido di muratura avente il peso specifico eguale a quello del materiale di cui è costruita la vòlta.

Se all'incontro il carico fosse di terra o di ghiaia, per l'altezza *h* si prenderebbe quella di un solido di muratura il cui peso corrispondesse a quello dello stesso carico.

Nei ponti che sostengono una strada ordinaria e nei quali non v'è sopraccarico di terra o di ghiaia, ma solo la massicciata stradale e i sopraccarichi provenienti dal passaggio dei veicoli ordinari, si può prendere  $h = m. 0,60$ .

Nei ponti o viadotti invece per le strade ferrate a causa del sovraccarico dovuto al passaggio dei convogli si aumenterà l'altezza  $h$  per modo che essa sia almeno di m. 1,50.

Nel valutare le grossezze  $c$  e  $d$ , venne ammesso che la volta sia costruita con materiali squadrati di gres duro, ovvero di calcare compatto, e che siffatti materiali si possano sottoporre nei grandi ponti ad una pressione media sulla chiave, equivalente al peso d'una colonna dello stesso materiale di 60 metri alla chiave, e di 90 metri all'imposta. In pratica non si ammettono per  $c$  e  $d$  valori rispettivamente inferiori a m. 0,30; per cui tutti i valori più piccoli per  $c$  e  $d$  furono sostituiti da m. 0,30.

Se nella costruzione della volta, venissero impiegati materiali poco resistenti, si dovranno aumentare della metà i valori di  $c$  e  $d$ . Lo stesso aumento si dovrà fare se si impiegano dei mattoni, e i quali per consiglio dello *Scheffler* si dovrebbero evitare nella costruzione delle volte. Le volte in mattoni si debbono costruire come una muratura che sia collegata in tutta la sua grossezza, e non già ad anelli concentrici.

Nel calcolare la grossezza  $s$ , si è ammesso che la spalla sia formata con un solido di muratura terminata anteriormente e posteriormente da piani verticali, che partendosi dal livello delle fondazioni giungono sino alla cappa della volta. La scarpa che d'ordinario si dà alla superficie posteriore della spalla, ed il ritaglio delle fondazioni non faranno che aumentarne la stabilità.

Pei ponti che sostengono una strada ordinaria in una ad un rialzo considerevole, si adotterà un coefficiente di stabilità eguale a 2. Pei grandi ponti che sostengono una strada ordinaria in una a un carico di terra insignificante si adotterà il coefficiente eguale a 2,50. Pei ponti o viadotti che sostengono una via ferrata colla massicciata di qualche altezza, si adotterà l'eguale coefficiente 2,50. Pei ponti infine che sostengono una via ferrata, in una ad una massicciata insignificante si adotterà un coefficiente eguale a 3. —

Nella pratica non si adottano grossezze di spalle, inferiori a m. 0,60. Né mai la grossezza delle spalle potrà essere minore della proiezione orizzontale del piano di congiunzione della spalla colla volta. Per tal modo tutti i valori di  $s$  che risultarono più piccoli furono accresciuti o

presi eguali a questa proiezione,  $p = \frac{C \cdot d}{R}$ .

Finalmente per carichi  $h$  molto alti, la grossezza  $s$  delle spalle, non può esser presa più piccola di quella che corrisponderebbe ai minori valori di  $h$ . E anche questa correzione fu fatta nelle tavole.

Lo stesso ingegnere *Scheffler*, ha stabilito il minimo limite delle

grossezze delle pile pei ponti con più arcate eguali, e la grossezza delle stesse pile.

La grossezza quindi delle pile è data dalla metà grossezza che risulta per le spalle; e il limite minimo di grossezza delle pile deve essere, secondo lo *Scheffler* espresso da  $2 \cdot \frac{C \cdot d}{R}$ .

Ecco ora le tavole, le quali si riferiscono a volte a tutto sesto; a volte ad arco di circolo ribassato d'un quarto; e a volte con arco di circolo colla monta corrispondente ad un sesto della corda.

Avverto poi che lo *Scheffler* ha calcolato queste tavole fino ad un raggio d'intradosso eguale a metri 22,50, ad un sopraccarico *h* alto per m. 24, e con la massima altezza delle spalle di 6 metri.

Lo scopo di quest' opera però non m'ha consigliato d'estendermi oltre il limite segnato nelle Tavole che riporto.



**Tavola I. — Vólte a tutto sesto, essendo**

*Il rapporto della monta all'apertura*  $\frac{m}{2C} = \frac{1}{2}$  ;

*L'angolo del giunto d'imposta colla verticale,  $\alpha = 90^\circ$ ,*

*La proiezione orizzontale del giunto d'imposta,  $p = \frac{C \cdot d}{R} = d$ .*

| Raggio dell'intradosso<br>monta metà della corda | Altezza del carico<br>sopra la chiave | GROSSEZZA<br>DELLA VÓLTA |             | ALTEZZA<br>della spalla<br>dal piano<br>delle<br>fondazioni<br>alla<br>imposta | GROSSEZZA DELLA SPALLA<br>ammettendo per coefficiente di stabilità           |                                                                                                      |                                                     |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|                                                  |                                       | alla chiave              | all'imposta |                                                                                | 2                                                                            | 2,50                                                                                                 | 3                                                   |
|                                                  |                                       |                          |             |                                                                                | pei ponti<br>per strade<br>ordinarie<br>e che<br>sostengono<br>grandi rialzi | pei ponti<br>comuni sotto<br>limitati rialzi<br>e per ponti<br>per ferrovie<br>con<br>rialzi elevati | per ponti<br>per ferrovie<br>con rialzi<br>limitati |
| $R=m=C$                                          | $h$                                   | $c$                      | $d$         | $a$                                                                            | $s$                                                                          | $s$                                                                                                  | $s$                                                 |
| Metri                                            | Metri                                 | Metri                    | Metri       | Metri                                                                          | Metri                                                                        | Metri                                                                                                | Metri                                               |
| 0,75                                             | 0,00                                  | 0,30                     | 0,30        | 1,50                                                                           | 0,60                                                                         | 0,60                                                                                                 | 0,60                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »           | 3,00                                                                           | 0,60                                                                         | 0,60                                                                                                 | 0,60                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »           | 4,50                                                                           | 0,60                                                                         | 0,60                                                                                                 | 0,60                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »           | 6,00                                                                           | 0,60                                                                         | 0,60                                                                                                 | 0,60                                                |
| »                                                | 0,60                                  | 0,30                     | 0,30        | 1,50                                                                           | 0,75                                                                         | 0,87                                                                                                 | 0,99                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »           | 3,00                                                                           | 0,87                                                                         | 0,99                                                                                                 | 1,11                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »           | 4,50                                                                           | 0,93                                                                         | 1,08                                                                                                 | 1,20                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »           | 6,00                                                                           | 0,99                                                                         | 1,11                                                                                                 | 1,23                                                |
| »                                                | 1,50                                  | 0,30                     | 0,30        | 1,50                                                                           | 0,81                                                                         | 0,96                                                                                                 | 1,11                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »           | 3,00                                                                           | 1,02                                                                         | 1,20                                                                                                 | 1,35                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »           | 4,50                                                                           | 1,14                                                                         | 1,32                                                                                                 | 1,47                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »           | 6,00                                                                           | 1,23                                                                         | 1,38                                                                                                 | 1,56                                                |
| »                                                | 3,00                                  | 0,30                     | 0,30        | 1,50                                                                           | 0,81                                                                         | 0,96                                                                                                 | 1,11                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »           | 3,00                                                                           | 1,05                                                                         | 1,23                                                                                                 | 1,38                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »           | 4,50                                                                           | 1,20                                                                         | 1,38                                                                                                 | 1,56                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »           | 6,00                                                                           | 1,24                                                                         | 1,50                                                                                                 | 1,68                                                |
| 1,50                                             | 0,00                                  | 0,30                     | 0,30        | 1,50                                                                           | 0,60                                                                         | 0,63                                                                                                 | 0,72                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »           | 3,00                                                                           | 0,60                                                                         | 0,72                                                                                                 | 0,81                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »           | 4,50                                                                           | 0,66                                                                         | 0,78                                                                                                 | 0,87                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »           | 6,00                                                                           | 0,72                                                                         | 0,81                                                                                                 | 0,93                                                |
| »                                                | 0,60                                  | 0,30                     | 0,30        | 1,50                                                                           | 0,99                                                                         | 1,20                                                                                                 | 1,38                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »           | 3,00                                                                           | 1,20                                                                         | 1,41                                                                                                 | 1,59                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »           | 4,50                                                                           | 1,32                                                                         | 1,53                                                                                                 | 1,71                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »           | 6,00                                                                           | 1,41                                                                         | 1,62                                                                                                 | 1,80                                                |
| »                                                | 1,50                                  | 0,30                     | 0,30        | 1,50                                                                           | 1,17                                                                         | 1,44                                                                                                 | 1,65                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »           | 3,00                                                                           | 1,47                                                                         | 1,74                                                                                                 | 1,95                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »           | 4,50                                                                           | 1,65                                                                         | 1,92                                                                                                 | 2,16                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »           | 6,00                                                                           | 1,74                                                                         | 2,10                                                                                                 | 2,28                                                |
| »                                                | 3,00                                  | 0,30                     | 0,30        | 1,50                                                                           | 1,26                                                                         | 1,53                                                                                                 | 1,77                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »           | 3,00                                                                           | 1,62                                                                         | 1,92                                                                                                 | 2,19                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »           | 4,50                                                                           | 1,86                                                                         | 2,16                                                                                                 | 2,46                                                |

*Segue la Tavola I.*

| Raggio dell'intradosso<br>misura metà della corda | Altezza del carico<br>sopra la chiave | GROSSEZZA<br>DELLA VOLTÀ |             | ALTEZZA<br>della spalla<br>dal piano<br>delle<br>fondazioni<br>alla<br>imposta | GROSSEZZA DELLA SPALLA<br>ammettendo per coefficiente di stabilità           |                                                                                         |                                                     |  |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--|
|                                                   |                                       | alla chiave              | all'imposta |                                                                                | 2                                                                            | 2,50                                                                                    | 3                                                   |  |
|                                                   |                                       |                          |             |                                                                                | pei ponti<br>per strade<br>ordinarie<br>e che<br>sostengono<br>grandi rialzi | comuni sotto<br>limitati rialzi<br>e per ponti<br>per ferrovie<br>con<br>rialzi elevati | per ponti<br>per ferrovie<br>con rialzi<br>limitati |  |
| R=m=C                                             | h                                     | c                        | d           | a                                                                              | s                                                                            | s                                                                                       | s                                                   |  |
| Metri                                             | Metri                                 | Metri                    | Metri       | Metri                                                                          | Metri                                                                        | Metri                                                                                   | Metri                                               |  |
| »                                                 | »                                     | »                        | »           | 6,00                                                                           | 2,04                                                                         | 2,34                                                                                    | 2,64                                                |  |
| 3,00                                              | 0,00                                  | 0,30                     | 0,33        | 1,50                                                                           | 0,96                                                                         | 1,20                                                                                    | 1,44                                                |  |
| »                                                 | »                                     | »                        | »           | 3,00                                                                           | 1,17                                                                         | 1,41                                                                                    | 1,65                                                |  |
| »                                                 | »                                     | »                        | »           | 4,50                                                                           | 1,29                                                                         | 1,56                                                                                    | 1,77                                                |  |
| »                                                 | »                                     | »                        | »           | 6,00                                                                           | 1,41                                                                         | 1,65                                                                                    | 1,86                                                |  |
| »                                                 | 0,60                                  | 0,36                     | 0,39        | 1,50                                                                           | 1,44                                                                         | 1,77                                                                                    | 2,10                                                |  |
| »                                                 | »                                     | »                        | »           | 3,00                                                                           | 1,74                                                                         | 2,07                                                                                    | 2,40                                                |  |
| »                                                 | »                                     | »                        | »           | 4,50                                                                           | 1,92                                                                         | 2,28                                                                                    | 2,61                                                |  |
| »                                                 | »                                     | »                        | »           | 6,00                                                                           | 2,07                                                                         | 2,43                                                                                    | 2,73                                                |  |
| »                                                 | 1,50                                  | 0,45                     | 0,45        | 1,50                                                                           | 1,77                                                                         | 2,19                                                                                    | 2,58                                                |  |
| »                                                 | »                                     | »                        | »           | 3,00                                                                           | 2,13                                                                         | 2,58                                                                                    | 2,94                                                |  |
| »                                                 | »                                     | »                        | »           | 4,50                                                                           | 2,37                                                                         | 2,82                                                                                    | 3,21                                                |  |
| »                                                 | »                                     | »                        | »           | 6,00                                                                           | 2,58                                                                         | 3,00                                                                                    | 3,42                                                |  |
| »                                                 | 3,00                                  | 0,54                     | 0,54        | 1,50                                                                           | 1,98                                                                         | 2,46                                                                                    | 2,88                                                |  |
| »                                                 | »                                     | »                        | »           | 3,00                                                                           | 2,43                                                                         | 2,94                                                                                    | 3,39                                                |  |
| »                                                 | »                                     | »                        | »           | 4,50                                                                           | 2,76                                                                         | 3,27                                                                                    | 3,72                                                |  |
| »                                                 | »                                     | »                        | »           | 6,00                                                                           | 3,00                                                                         | 3,54                                                                                    | 3,99                                                |  |
| 4,50                                              | 0,00                                  | 0,36                     | 0,45        | 1,50                                                                           | 1,14                                                                         | 1,53                                                                                    | 1,86                                                |  |
| »                                                 | »                                     | »                        | »           | 3,00                                                                           | 1,44                                                                         | 1,80                                                                                    | 2,13                                                |  |
| »                                                 | »                                     | »                        | »           | 4,50                                                                           | 1,62                                                                         | 2,01                                                                                    | 2,34                                                |  |
| »                                                 | »                                     | »                        | »           | 6,00                                                                           | 1,80                                                                         | 2,16                                                                                    | 2,49                                                |  |
| »                                                 | 0,60                                  | 0,48                     | 0,51        | 1,50                                                                           | 1,83                                                                         | 2,34                                                                                    | 2,76                                                |  |
| »                                                 | »                                     | »                        | »           | 3,00                                                                           | 2,16                                                                         | 2,64                                                                                    | 3,09                                                |  |
| »                                                 | »                                     | »                        | »           | 4,50                                                                           | 2,40                                                                         | 2,88                                                                                    | 3,33                                                |  |
| »                                                 | »                                     | »                        | »           | 6,00                                                                           | 2,58                                                                         | 3,09                                                                                    | 3,51                                                |  |
| »                                                 | 1,50                                  | 0,54                     | 0,57        | 1,50                                                                           | 2,22                                                                         | 2,82                                                                                    | 3,33                                                |  |
| »                                                 | »                                     | »                        | »           | 3,00                                                                           | 2,64                                                                         | 3,21                                                                                    | 3,75                                                |  |
| »                                                 | »                                     | »                        | »           | 4,50                                                                           | 2,94                                                                         | 3,54                                                                                    | 4,05                                                |  |
| »                                                 | »                                     | »                        | »           | 6,00                                                                           | 3,18                                                                         | 3,78                                                                                    | 4,29                                                |  |
| »                                                 | 3,00                                  | 0,72                     | 0,72        | 1,50                                                                           | 2,55                                                                         | 3,21                                                                                    | 3,81                                                |  |
| »                                                 | »                                     | »                        | »           | 3,00                                                                           | 3,08                                                                         | 3,69                                                                                    | 4,32                                                |  |
| »                                                 | »                                     | »                        | »           | 4,50                                                                           | 3,39                                                                         | 4,08                                                                                    | 4,71                                                |  |
| »                                                 | »                                     | »                        | »           | 6,00                                                                           | 3,69                                                                         | 4,38                                                                                    | 5,01                                                |  |
| 6,00                                              | 0,00                                  | 0,45                     | 0,54        | 1,50                                                                           | 1,53                                                                         | 2,04                                                                                    | 2,46                                                |  |
| »                                                 | »                                     | »                        | »           | 3,00                                                                           | 1,83                                                                         | 2,34                                                                                    | 2,76                                                |  |
| »                                                 | »                                     | »                        | »           | 4,50                                                                           | 2,07                                                                         | 2,55                                                                                    | 3,00                                                |  |
| »                                                 | »                                     | »                        | »           | 6,00                                                                           | 2,25                                                                         | 2,73                                                                                    | 3,18                                                |  |
| »                                                 | 0,60                                  | 0,57                     | 0,60        | 1,50                                                                           | 2,13                                                                         | 2,76                                                                                    | 3,30                                                |  |

Segue la **Tavola I.**

| Itaggio de l'intradosso<br>monta metà della corda | Altezza del carico<br>sopra la chiave | GROSSEZZA      |             | ALTEZZA<br>della spalla<br>dal piano<br>delle<br>fondazioni<br>alla<br>imposta | GROSSEZZA DELLA SPALLA<br>ammettendo per coefficiente di stabilità                    |                                                                                                                  |                                                              |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|                                                   |                                       | DELLA VOLTA    |             |                                                                                | 2<br><br>pei ponti<br>per strade<br>ordinarie<br>e che<br>sostengono<br>grandi rialzi | 2,50<br><br>pei ponti<br>comuni sotto<br>limitati rialzi<br>e per ponti<br>per ferrovie<br>con<br>rialzi elevati | 3<br><br>per ponti<br>per ferrovie<br>con rialzi<br>limitati |
|                                                   |                                       | alla<br>chiave | all'imposta |                                                                                |                                                                                       |                                                                                                                  |                                                              |
| R=m=C                                             | h                                     | c              | d           | a                                                                              | s                                                                                     | s                                                                                                                | s                                                            |
| Metri                                             | Metri                                 | Metri          | Metri       | Metri                                                                          | Metri                                                                                 | Metri                                                                                                            | Metri                                                        |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 3,00                                                                           | 2,49                                                                                  | 3,12                                                                                                             | 3,66                                                         |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 4,50                                                                           | 2,76                                                                                  | 3,39                                                                                                             | 3,96                                                         |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 6,00                                                                           | 3,00                                                                                  | 3,63                                                                                                             | 4,17                                                         |
| »                                                 | 1,50                                  | 0,69           | 0,72        | 1,50                                                                           | 2,61                                                                                  | 3,33                                                                                                             | 3,99                                                         |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 3,00                                                                           | 3,03                                                                                  | 3,75                                                                                                             | 4,41                                                         |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 4,50                                                                           | 3,36                                                                                  | 4,08                                                                                                             | 4,74                                                         |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 6,00                                                                           | 3,63                                                                                  | 4,38                                                                                                             | 5,04                                                         |
| »                                                 | 3,00                                  | 0,90           | 0,90        | 1,50                                                                           | 3,03                                                                                  | 3,87                                                                                                             | 4,62                                                         |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 3,00                                                                           | 3,51                                                                                  | 4,35                                                                                                             | 5,13                                                         |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 4,50                                                                           | 3,90                                                                                  | 4,77                                                                                                             | 5,55                                                         |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 6,00                                                                           | 4,23                                                                                  | 5,10                                                                                                             | 5,88                                                         |
| 7,50                                              | 0,00                                  | 0,54           | 0,69        | 1,50                                                                           | 1,80                                                                                  | 2,40                                                                                                             | 2,94                                                         |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 3,00                                                                           | 2,10                                                                                  | 2,73                                                                                                             | 3,27                                                         |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 4,50                                                                           | 2,37                                                                                  | 3,00                                                                                                             | 3,54                                                         |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 6,00                                                                           | 2,58                                                                                  | 3,21                                                                                                             | 3,75                                                         |
| »                                                 | 0,60                                  | 0,66           | 0,78        | 1,50                                                                           | 2,46                                                                                  | 3,21                                                                                                             | 3,87                                                         |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 3,00                                                                           | 2,82                                                                                  | 3,57                                                                                                             | 4,23                                                         |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 4,50                                                                           | 3,12                                                                                  | 3,87                                                                                                             | 4,53                                                         |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 6,00                                                                           | 3,36                                                                                  | 4,11                                                                                                             | 4,80                                                         |
| »                                                 | 1,50                                  | 0,84           | 0,90        | 1,50                                                                           | 3,00                                                                                  | 3,87                                                                                                             | 4,65                                                         |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 3,00                                                                           | 3,45                                                                                  | 4,32                                                                                                             | 5,10                                                         |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 4,50                                                                           | 3,78                                                                                  | 4,68                                                                                                             | 5,46                                                         |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 6,00                                                                           | 4,08                                                                                  | 4,98                                                                                                             | 5,70                                                         |
| »                                                 | 3,00                                  | 1,05           | 1,05        | 1,50                                                                           | 3,51                                                                                  | 4,53                                                                                                             | 5,40                                                         |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 3,00                                                                           | 4,02                                                                                  | 5,04                                                                                                             | 5,91                                                         |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 4,50                                                                           | 4,41                                                                                  | 5,43                                                                                                             | 6,36                                                         |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 6,00                                                                           | 4,77                                                                                  | 5,79                                                                                                             | 6,72                                                         |
| 9,00                                              | 0,00                                  | 0,63           | 0,84        | 1,50                                                                           | 2,07                                                                                  | 2,82                                                                                                             | 3,48                                                         |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 3,00                                                                           | 2,40                                                                                  | 3,15                                                                                                             | 3,81                                                         |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 4,50                                                                           | 2,70                                                                                  | 3,45                                                                                                             | 4,11                                                         |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 6,00                                                                           | 2,94                                                                                  | 3,69                                                                                                             | 4,32                                                         |
| »                                                 | 0,60                                  | 0,78           | 0,93        | 1,50                                                                           | 2,73                                                                                  | 3,63                                                                                                             | 4,38                                                         |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 3,00                                                                           | 3,12                                                                                  | 3,99                                                                                                             | 4,77                                                         |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 4,50                                                                           | 3,45                                                                                  | 4,32                                                                                                             | 5,10                                                         |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 6,00                                                                           | 3,72                                                                                  | 4,59                                                                                                             | 5,37                                                         |
| »                                                 | 1,50                                  | 0,96           | 1,05        | 1,50                                                                           | 3,39                                                                                  | 4,38                                                                                                             | 5,28                                                         |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 3,00                                                                           | 3,81                                                                                  | 4,83                                                                                                             | 5,73                                                         |
| »                                                 | »                                     | »              | »           | 4,50                                                                           | 4,17                                                                                  | 5,19                                                                                                             | 6,12                                                         |

*Segue la Tavola I.*

| Raggio dell'intradosso<br>monta metà della corda | Altezza del carico<br>sopra la chiave | GROSSEZZA<br>DELLA VOLTÀ |              | ALTEZZA<br>della spalla<br>dal piano<br>delle<br>fondazioni<br>alla<br>imposta | GROSSEZZA DELLA SPALLA<br>ammettendo per coefficiente di stabilità           |                                                                                                      |                                                     |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|                                                  |                                       | alla chiave              | all' imposta |                                                                                | 2                                                                            | 9,50                                                                                                 | 3                                                   |
|                                                  |                                       |                          |              |                                                                                | pei ponti<br>per strade<br>ordinarie<br>e che<br>sostengono<br>grandi rialzi | pei ponti<br>comuni sotto<br>limitati rialzi<br>e per ponti<br>per ferrovie<br>con<br>rialzi elevati | per ponti<br>per ferrovie<br>con rialzi<br>limitati |
| $R=m=C$                                          | $h$                                   | $c$                      | $d$          | $a$                                                                            | $s$                                                                          | $s$                                                                                                  | $s$                                                 |
| Metri                                            | Metri                                 | Metri                    | Metri        | Metri                                                                          | Metri                                                                        | Metri                                                                                                | Metri                                               |
| »                                                | »                                     | »                        | »            | 6,00                                                                           | 4,50                                                                         | 5,52                                                                                                 | 6,42                                                |
| »                                                | 3,00                                  | 1,17                     | 1,17         | 1,50                                                                           | 3,93                                                                         | 5,10                                                                                                 | 6,12                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »            | 3,00                                                                           | 4,44                                                                         | 5,61                                                                                                 | 6,63                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »            | 4,50                                                                           | 4,86                                                                         | 6,03                                                                                                 | 7,08                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »            | 6,00                                                                           | 5,22                                                                         | 6,42                                                                                                 | 7,47                                                |
| 10,50                                            | 0,00                                  | 0,75                     | 1,02         | 1,50                                                                           | 2,37                                                                         | 3,24                                                                                                 | 4,02                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »            | 3,00                                                                           | 2,73                                                                         | 3,60                                                                                                 | 4,38                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »            | 4,50                                                                           | 3,03                                                                         | 3,90                                                                                                 | 4,68                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »            | 6,00                                                                           | 3,30                                                                         | 4,17                                                                                                 | 4,95                                                |
| »                                                | 0,60                                  | 0,93                     | 1,03         | 1,50                                                                           | 3,06                                                                         | 4,05                                                                                                 | 4,95                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »            | 3,00                                                                           | 3,45                                                                         | 4,47                                                                                                 | 5,37                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »            | 4,50                                                                           | 3,78                                                                         | 4,80                                                                                                 | 5,70                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »            | 6,00                                                                           | 4,08                                                                         | 5,10                                                                                                 | 6,00                                                |
| »                                                | 1,50                                  | 1,08                     | 1,17         | 1,50                                                                           | 3,72                                                                         | 4,86                                                                                                 | 5,88                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »            | 3,00                                                                           | 4,17                                                                         | 5,31                                                                                                 | 6,33                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »            | 4,50                                                                           | 4,53                                                                         | 5,70                                                                                                 | 6,72                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »            | 6,00                                                                           | 4,86                                                                         | 6,03                                                                                                 | 7,05                                                |
| »                                                | 3,00                                  | 1,26                     | 1,29         | 1,50                                                                           | 4,38                                                                         | 5,67                                                                                                 | 6,84                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »            | 3,00                                                                           | 4,89                                                                         | 6,18                                                                                                 | 7,35                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »            | 4,50                                                                           | 5,31                                                                         | 6,63                                                                                                 | 7,80                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »            | 6,00                                                                           | 5,64                                                                         | 7,02                                                                                                 | 8,19                                                |
| 12,00                                            | 0,00                                  | 0,87                     | 1,14         | 1,50                                                                           | 2,67                                                                         | 3,69                                                                                                 | 4,66                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »            | 3,00                                                                           | 3,00                                                                         | 4,05                                                                                                 | 4,86                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »            | 4,50                                                                           | 3,36                                                                         | 4,38                                                                                                 | 5,25                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »            | 6,00                                                                           | 3,63                                                                         | 4,65                                                                                                 | 5,52                                                |
| »                                                | 0,60                                  | 1,02                     | 1,23         | 1,50                                                                           | 3,36                                                                         | 4,50                                                                                                 | 5,49                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »            | 3,00                                                                           | 3,78                                                                         | 4,89                                                                                                 | 5,91                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »            | 4,50                                                                           | 4,11                                                                         | 5,25                                                                                                 | 6,27                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »            | 6,00                                                                           | 4,41                                                                         | 5,55                                                                                                 | 6,57                                                |
| »                                                | 1,50                                  | 1,17                     | 1,26         | 1,50                                                                           | 4,05                                                                         | 5,34                                                                                                 | 6,45                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »            | 3,00                                                                           | 4,50                                                                         | 5,79                                                                                                 | 6,98                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »            | 4,50                                                                           | 4,89                                                                         | 6,18                                                                                                 | 7,32                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »            | 6,00                                                                           | 5,22                                                                         | 6,51                                                                                                 | 7,65                                                |
| »                                                | 3,00                                  | 1,35                     | 1,38         | 1,50                                                                           | 4,80                                                                         | 6,21                                                                                                 | 7,50                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »            | 3,00                                                                           | 5,28                                                                         | 6,72                                                                                                 | 8,04                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »            | 4,50                                                                           | 5,73                                                                         | 7,17                                                                                                 | 8,49                                                |
| »                                                | »                                     | »                        | »            | 6,00                                                                           | 6,12                                                                         | 7,59                                                                                                 | 8,88                                                |

**Tavola II. — VÔLTE AD ARCO DI CIRCOLO RIBASSATO D'UN QUARTO.**

Essendo, il rapporto della monta alla corda  $\frac{m}{2C} = \frac{1}{4}$ ;

L'angolo del giunto d'imposta colla verticale  $\varphi = 53^{\circ}, 7', 48''$

La proiezione orizzontale del giunto d'imposta  $p = \frac{C \cdot d}{R} = 0,8 \cdot d$

| Raggio dell'intradosso | Corda | Monta | Altezza del carico sulla chiave | GROSSEZZA DELLA VÔLTA |              |                                            | Altezza della spalla dal piano de le fondazioni all'imposta | GROSSEZZA DELLA SPALLA ammettendo per coefficiente di stabilità                      |                                                                                                   |                                                               |
|------------------------|-------|-------|---------------------------------|-----------------------|--------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
|                        |       |       |                                 | alla chiave           | all' imposta | Proiezione orizzontale del piano d'imposta |                                                             | <sup>2</sup><br>per ponti per strade ordinarie e chi sostengono un rialzo molto alto | <sup>2.50</sup><br>per ponti comuni con limitate rialzo e per ponti per ferrovie con rialzo medio | <sup>3</sup><br>per ponti per ferrovie con un rialzo limitato |
| Il                     | 2C    | m     | h                               | c                     | d            | p                                          | a                                                           | s                                                                                    | s                                                                                                 | s                                                             |
| Metri                  | Metri | Metri | Metri                           | Metri                 | Metri        | Metri                                      | Metri                                                       | Metri                                                                                | Metri                                                                                             | Metri                                                         |
| 0,75                   | 1,20  | 0,30  | 0,00                            | 0,30                  | 0,30         | 0,24                                       | 1,50                                                        | 0,60                                                                                 | 0,60                                                                                              | 0,60                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »            | »                                          | 3,00                                                        | 0,60                                                                                 | 0,60                                                                                              | 0,60                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »            | »                                          | 4,50                                                        | 0,60                                                                                 | 0,60                                                                                              | 0,60                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »            | »                                          | 6,00                                                        | 0,60                                                                                 | 0,60                                                                                              | 0,60                                                          |
| »                      | »     | »     | 0,60                            | 0,30                  | 0,30         | 0,24                                       | 1,50                                                        | 0,78                                                                                 | 0,90                                                                                              | 1,02                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »            | »                                          | 3,00                                                        | 0,93                                                                                 | 1,05                                                                                              | 1,17                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »            | »                                          | 4,50                                                        | 0,90                                                                                 | 1,11                                                                                              | 1,23                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »            | »                                          | 6,00                                                        | 1,02                                                                                 | 1,14                                                                                              | 1,26                                                          |
| »                      | »     | »     | 1,50                            | 0,30                  | 0,30         | 0,24                                       | 1,50                                                        | 0,84                                                                                 | 0,96                                                                                              | 1,11                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »            | »                                          | 3,00                                                        | 1,05                                                                                 | 1,20                                                                                              | 1,35                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »            | »                                          | 4,50                                                        | 1,17                                                                                 | 1,35                                                                                              | 1,50                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »            | »                                          | 6,00                                                        | 1,26                                                                                 | 1,41                                                                                              | 1,56                                                          |
| »                      | »     | »     | 3,00                            | 0,30                  | 0,30         | 0,24                                       | 1,50                                                        | 0,81                                                                                 | 0,96                                                                                              | 1,11                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »            | »                                          | 3,00                                                        | 1,05                                                                                 | 1,20                                                                                              | 1,35                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »            | »                                          | 4,50                                                        | 1,20                                                                                 | 1,38                                                                                              | 1,53                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »            | »                                          | 6,00                                                        | 1,32                                                                                 | 1,50                                                                                              | 1,65                                                          |
| 1,50                   | 2,40  | 0,60  | 0,00                            | 0,30                  | 0,30         | 0,24                                       | 1,50                                                        | 0,63                                                                                 | 0,72                                                                                              | 0,81                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »            | »                                          | 3,00                                                        | 0,72                                                                                 | 0,81                                                                                              | 0,90                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »            | »                                          | 4,50                                                        | 0,75                                                                                 | 0,84                                                                                              | 0,93                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »            | »                                          | 6,00                                                        | 0,75                                                                                 | 0,87                                                                                              | 0,96                                                          |
| »                      | »     | »     | 0,60                            | 0,30                  | 0,30         | 0,24                                       | 1,50                                                        | 1,05                                                                                 | 1,26                                                                                              | 1,41                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »            | »                                          | 3,00                                                        | 1,29                                                                                 | 1,47                                                                                              | 1,68                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »            | »                                          | 4,50                                                        | 1,41                                                                                 | 1,62                                                                                              | 1,80                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »            | »                                          | 6,00                                                        | 1,47                                                                                 | 1,68                                                                                              | 1,83                                                          |
| »                      | »     | »     | 1,50                            | 0,30                  | 0,30         | 0,24                                       | 1,50                                                        | 1,17                                                                                 | 1,41                                                                                              | 1,62                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »            | »                                          | 3,00                                                        | 1,53                                                                                 | 1,77                                                                                              | 2,01                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »            | »                                          | 4,50                                                        | 1,71                                                                                 | 1,98                                                                                              | 2,19                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »            | »                                          | 6,00                                                        | 1,83                                                                                 | 2,10                                                                                              | 2,34                                                          |
| »                      | »     | »     | 3,00                            | 0,36                  | 0,42         | 0,34                                       | 1,50                                                        | 1,20                                                                                 | 1,47                                                                                              | 1,68                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »            | »                                          | 3,00                                                        | 1,62                                                                                 | 1,89                                                                                              | 2,16                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »            | »                                          | 4,50                                                        | 1,89                                                                                 | 2,19                                                                                              | 2,46                                                          |

**Segue la Tavola II.**

| Raggio dell'intradosso | Corda | Monta | Altezza del carico sulla chiave | GROSSEZZA DELLA VOLTÀ |             |                                            | Altezza della spalla dal piano delle fondazioni all'imposta | GROSSEZZA DELLA SPALLA<br>ammettendo per coefficiente di stabilità                         |                                                                                                         |                                                                  |
|------------------------|-------|-------|---------------------------------|-----------------------|-------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
|                        |       |       |                                 | alla chiave           | all'imposta | Proiezione orizzontale del piano d'imposta |                                                             | <sup>2</sup><br>per posti per strada<br>ordinario e che sostengono<br>un rialzo molto alto | <sup>2,50</sup><br>per posti comuni con limitale<br>rialzo e per posti per ferrovie<br>e a molto rialzo | <sup>3</sup><br>per posti per ferrovie<br>con un rialzo limitato |
| R                      | 2 C   | m     | h                               | c                     | d           | p                                          | a                                                           | s                                                                                          | s                                                                                                       | s                                                                |
| Metri                  | Metri | Metri | Metri                           | Metri                 | Metri       | Metri                                      | Metri                                                       | Metri                                                                                      | Metri                                                                                                   | Metri                                                            |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 2,07                                                                                       | 2,37                                                                                                    | 2,67                                                             |
| 3,00                   | 4,80  | 1,20  | 0,00                            | 0,30                  | 0,30        | 0,24                                       | 1,50                                                        | 1,17                                                                                       | 1,41                                                                                                    | 1,62                                                             |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 1,41                                                                                       | 1,65                                                                                                    | 1,86                                                             |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 1,50                                                                                       | 1,74                                                                                                    | 1,95                                                             |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 1,59                                                                                       | 1,83                                                                                                    | 2,04                                                             |
| »                      | »     | »     | 0,00                            | 0,36                  | 0,39        | 0,31                                       | 1,50                                                        | 1,53                                                                                       | 1,86                                                                                                    | 2,19                                                             |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 1,89                                                                                       | 2,25                                                                                                    | 2,55                                                             |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 2,13                                                                                       | 2,46                                                                                                    | 2,76                                                             |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 2,25                                                                                       | 2,58                                                                                                    | 2,91                                                             |
| »                      | »     | »     | 1,50                            | 0,45                  | 0,45        | 0,36                                       | 1,50                                                        | 1,74                                                                                       | 2,13                                                                                                    | 2,46                                                             |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 2,22                                                                                       | 2,64                                                                                                    | 2,85                                                             |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 2,52                                                                                       | 2,94                                                                                                    | 3,33                                                             |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 2,73                                                                                       | 3,15                                                                                                    | 3,54                                                             |
| »                      | »     | »     | 3,00                            | 0,54                  | 0,54        | 0,43                                       | 1,50                                                        | 1,83                                                                                       | 2,25                                                                                                    | 2,64                                                             |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 2,43                                                                                       | 2,88                                                                                                    | 3,30                                                             |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 2,82                                                                                       | 3,30                                                                                                    | 3,75                                                             |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 3,12                                                                                       | 3,60                                                                                                    | 4,08                                                             |
| 4,50                   | 7,20  | 1,80  | 0,00                            | 0,36                  | 0,42        | 0,34                                       | 1,50                                                        | 1,56                                                                                       | 1,92                                                                                                    | 2,22                                                             |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 1,86                                                                                       | 2,22                                                                                                    | 2,55                                                             |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 2,07                                                                                       | 2,40                                                                                                    | 2,73                                                             |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 2,19                                                                                       | 2,52                                                                                                    | 2,85                                                             |
| »                      | »     | »     | 0,60                            | 0,48                  | 0,51        | 0,41                                       | 1,50                                                        | 1,92                                                                                       | 2,37                                                                                                    | 2,79                                                             |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 2,37                                                                                       | 2,85                                                                                                    | 3,27                                                             |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 2,67                                                                                       | 3,12                                                                                                    | 3,54                                                             |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 2,85                                                                                       | 3,33                                                                                                    | 3,75                                                             |
| »                      | »     | »     | 1,50                            | 0,54                  | 0,57        | 0,46                                       | 1,50                                                        | 2,16                                                                                       | 2,70                                                                                                    | 3,18                                                             |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 2,76                                                                                       | 3,30                                                                                                    | 3,81                                                             |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 3,15                                                                                       | 3,72                                                                                                    | 4,23                                                             |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 3,42                                                                                       | 3,99                                                                                                    | 4,50                                                             |
| »                      | »     | »     | 3,00                            | 0,72                  | 0,72        | 0,58                                       | 1,50                                                        | 2,28                                                                                       | 2,88                                                                                                    | 3,42                                                             |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 2,97                                                                                       | 3,60                                                                                                    | 4,17                                                             |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 3,48                                                                                       | 4,11                                                                                                    | 4,71                                                             |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 3,84                                                                                       | 4,50                                                                                                    | 5,10                                                             |
| 6,00                   | 9,60  | 2,40  | 0,00                            | 0,45                  | 0,51        | 0,41                                       | 1,50                                                        | 1,92                                                                                       | 2,40                                                                                                    | 2,82                                                             |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 2,31                                                                                       | 2,79                                                                                                    | 3,21                                                             |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 2,55                                                                                       | 3,03                                                                                                    | 3,45                                                             |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 2,73                                                                                       | 3,21                                                                                                    | 3,60                                                             |
| »                      | »     | »     | 0,60                            | 0,57                  | 0,60        | 0,48                                       | 1,50                                                        | 2,31                                                                                       | 2,88                                                                                                    | 3,42                                                             |

Segue la **Tavola II.**

| Raggio dell'intradosso | Corda | Monta | Altezza del carico sulla chiave | GROSSEZZA DELLA VOLTA |             |                                            | Altezza della spalla dal piano delle fondazioni all'imposta | GROSSEZZA DELLA SPALLA ammettendo per coefficiente di stabilità                 |                                                                                                 |                                                            |
|------------------------|-------|-------|---------------------------------|-----------------------|-------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
|                        |       |       |                                 | alla chiave           | all'imposta | Proiezione orizzontale del piano d'imposta |                                                             | <sup>2</sup> per ponti per strade ordinarie e da passaggio su rialzo nello alto | <sup>2,50</sup> per ponti conoss con limitate rialzo e per ponti per ferrovie con rialzo rialzo | <sup>3</sup> per ponti per ferrovie con un rialzo limitato |
| R                      | 2 C   | m     | h                               | c                     | d           | p                                          | a                                                           | s                                                                               | s                                                                                               | s                                                          |
| Metri                  | Metri | Metri | Metri                           | Metri                 | Metri       | Metri                                      | Metri                                                       | Metri                                                                           | Metri                                                                                           | Metri                                                      |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 2,82                                                                            | 3,42                                                                                            | 3,96                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 3,18                                                                            | 3,78                                                                                            | 4,29                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 3,42                                                                            | 4,02                                                                                            | 4,56                                                       |
| »                      | »     | »     | 1,50                            | 0,69                  | 0,72        | 0,58                                       | 1,50                                                        | 2,55                                                                            | 3,24                                                                                            | 3,84                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 3,21                                                                            | 3,90                                                                                            | 4,53                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 3,66                                                                            | 4,35                                                                                            | 4,98                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 3,99                                                                            | 4,74                                                                                            | 5,34                                                       |
| »                      | »     | »     | 3,00                            | 0,90                  | 0,90        | 0,72                                       | 1,50                                                        | 2,70                                                                            | 3,45                                                                                            | 4,14                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 3,45                                                                            | 4,23                                                                                            | 4,95                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 4,02                                                                            | 4,83                                                                                            | 5,55                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 4,44                                                                            | 5,25                                                                                            | 6,00                                                       |
| 7,50                   | 12,00 | 3,00  | 0,00                            | 0,54                  | 0,63        | 0,50                                       | 1,50                                                        | 2,25                                                                            | 2,82                                                                                            | 3,36                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 2,70                                                                            | 3,30                                                                                            | 3,81                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 3,00                                                                            | 3,60                                                                                            | 4,11                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 3,24                                                                            | 3,81                                                                                            | 4,32                                                       |
| »                      | »     | »     | 0,60                            | 0,66                  | 0,72        | 0,58                                       | 1,50                                                        | 2,64                                                                            | 3,33                                                                                            | 3,99                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 3,21                                                                            | 3,93                                                                                            | 4,56                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 3,63                                                                            | 4,32                                                                                            | 4,98                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 3,93                                                                            | 4,62                                                                                            | 5,23                                                       |
| »                      | »     | »     | 1,50                            | 0,84                  | 0,87        | 0,70                                       | 1,50                                                        | 2,91                                                                            | 3,72                                                                                            | 4,44                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 3,60                                                                            | 4,44                                                                                            | 5,19                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 4,11                                                                            | 4,95                                                                                            | 5,70                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 4,50                                                                            | 5,34                                                                                            | 6,09                                                       |
| »                      | »     | »     | 3,00                            | 1,05                  | 1,05        | 0,84                                       | 1,50                                                        | 3,12                                                                            | 4,02                                                                                            | 4,80                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 3,90                                                                            | 4,83                                                                                            | 5,67                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 4,50                                                                            | 5,46                                                                                            | 6,33                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 4,98                                                                            | 5,94                                                                                            | 6,81                                                       |
| 9,00                   | 14,40 | 3,60  | 0,00                            | 0,63                  | 0,75        | 0,60                                       | 1,50                                                        | 2,55                                                                            | 3,27                                                                                            | 3,90                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 3,09                                                                            | 3,66                                                                                            | 4,41                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 3,45                                                                            | 4,14                                                                                            | 4,74                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 3,69                                                                            | 4,38                                                                                            | 5,01                                                       |
| »                      | »     | »     | 0,60                            | 0,78                  | 0,87        | 0,70                                       | 1,50                                                        | 2,94                                                                            | 3,78                                                                                            | 4,53                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 3,57                                                                            | 4,41                                                                                            | 5,16                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 4,02                                                                            | 4,86                                                                                            | 5,61                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 4,38                                                                            | 5,22                                                                                            | 5,94                                                       |
| »                      | »     | »     | 1,50                            | 0,96                  | 1,02        | 0,82                                       | 1,50                                                        | 3,27                                                                            | 4,20                                                                                            | 5,04                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 3,99                                                                            | 4,95                                                                                            | 5,79                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 4,53                                                                            | 5,49                                                                                            | 6,36                                                       |

*Segue la Tavola II.*

| Raggio dell'intradosso | Corda | Monta | Altezza del carico sulla chiave | GROSSEZZA DELLA VOLTÀ |             |                                            | Altezza della spalla dal piano delle fondazioni all'imposta | GROSSEZZA DELLA SPALLA<br>ammettendo per coefficiente di stabilità        |                                                                                        |                                                    |
|------------------------|-------|-------|---------------------------------|-----------------------|-------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
|                        |       |       |                                 | a la chiave           | all'imposta | Proiezione orizzontale del piano d'imposta |                                                             | 2<br>per ponti per strade ordinarie e che sostengono un rialzo molto alto | 2,50<br>per ponti comuni con limitato rialzo e per ponti per ferrovie con molto rialzo | 3<br>per ponti per ferrovie con un rialzo limitato |
| R                      | 2 C   | m     | h                               | c                     | d           | p                                          | a                                                           | s                                                                         | s                                                                                      | s                                                  |
| Metri                  | Metri | Metri | Metri                           | Metri                 | Metri       | Metri                                      | Metri                                                       | Metri                                                                     | Metri                                                                                  | Metri                                              |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 4,95                                                                      | 5,94                                                                                   | 6,81                                               |
| »                      | »     | »     | 3,00                            | 1,17                  | 1,17        | 0,94                                       | 1,50                                                        | 3,51                                                                      | 4,56                                                                                   | 5,58                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 4,32                                                                      | 5,43                                                                                   | 6,36                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 4,98                                                                      | 6,06                                                                                   | 7,05                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 5,49                                                                      | 6,60                                                                                   | 7,59                                               |
| 10,50                  | 16,80 | 4,20  | 0,00                            | 0,75                  | 0,90        | 0,72                                       | 1,50                                                        | 2,88                                                                      | 3,72                                                                                   | 4,44                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 3,45                                                                      | 4,26                                                                                   | 4,98                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 3,84                                                                      | 4,65                                                                                   | 5,40                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 4,17                                                                      | 4,98                                                                                   | 5,70                                               |
| »                      | »     | »     | 0,60                            | 0,93                  | 1,02        | 0,82                                       | 1,50                                                        | 3,27                                                                      | 4,23                                                                                   | 5,07                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 3,93                                                                      | 4,89                                                                                   | 5,76                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 4,41                                                                      | 5,40                                                                                   | 6,24                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 4,83                                                                      | 5,79                                                                                   | 6,63                                               |
| »                      | »     | »     | 1,50                            | 1,08                  | 1,14        | 0,91                                       | 1,50                                                        | 3,60                                                                      | 4,68                                                                                   | 5,64                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 4,35                                                                      | 5,46                                                                                   | 6,42                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 4,95                                                                      | 6,03                                                                                   | 7,02                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 5,40                                                                      | 6,51                                                                                   | 7,50                                               |
| »                      | »     | »     | 3,00                            | 1,26                  | 1,29        | 1,03                                       | 1,50                                                        | 8,37                                                                      | 5,07                                                                                   | 6,12                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 4,74                                                                      | 5,94                                                                                   | 7,05                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 5,40                                                                      | 6,66                                                                                   | 7,77                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 5,97                                                                      | 7,23                                                                                   | 8,34                                               |
| 12,00                  | 19,20 | 4,80  | 0,00                            | 0,87                  | 1,02        | 0,82                                       | 1,50                                                        | 3,21                                                                      | 4,17                                                                                   | 5,01                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 3,81                                                                      | 4,74                                                                                   | 5,58                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 4,26                                                                      | 5,19                                                                                   | 6,03                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 4,59                                                                      | 5,52                                                                                   | 6,36                                               |
| »                      | »     | »     | 0,60                            | 1,02                  | 1,14        | 0,91                                       | 1,50                                                        | 3,60                                                                      | 4,68                                                                                   | 5,64                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 4,23                                                                      | 5,31                                                                                   | 6,27                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 4,80                                                                      | 5,88                                                                                   | 6,84                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 5,22                                                                      | 6,30                                                                                   | 7,26                                               |
| »                      | »     | »     | 1,50                            | 1,17                  | 1,23        | 0,98                                       | 1,50                                                        | 3,90                                                                      | 5,10                                                                                   | 6,18                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 4,68                                                                      | 5,88                                                                                   | 6,99                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 5,31                                                                      | 6,51                                                                                   | 7,62                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 5,79                                                                      | 7,02                                                                                   | 8,10                                               |
| »                      | »     | »     | 3,00                            | 1,35                  | 1,38        | 1,10                                       | 1,50                                                        | 4,26                                                                      | 5,58                                                                                   | 6,75                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 5,13                                                                      | 6,48                                                                                   | 7,68                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 5,82                                                                      | 7,20                                                                                   | 8,43                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 6,42                                                                      | 7,80                                                                                   | 9,06                                               |



**Tavola III.** — VOLTÈ AD ARCO DI CIRCOLO RILASSTO D'UN SESTO, essendo

$$\text{Il rapporto della monta alla corda } \frac{m}{2C} = \frac{1}{6}$$

L'angolo del giunto d'impasta colla verticale  $\varphi = 36^\circ, 52', 12''$ ,

$$\text{La proiezione orizzontale del giunto d'impasta } p = \frac{C d}{R} = 0,6 \text{ d.}$$

| Raggio dell'intradosso | Corda |       | Altezza del carico sull' chiave | GROSSEZZA DELLA VOLTÀ |             |                                             | Altezza della spalla dal piano delle fondazioni all'impasta | GROSSEZZA DELLA SPALLA ammettendo per coefficiente di stabilità                   |                                                                                                  |                                                            |
|------------------------|-------|-------|---------------------------------|-----------------------|-------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
|                        | R     | 2 C   |                                 | alla chiave           | all'impasta | Proiezione orizzontale del piano d' impasta |                                                             | <sup>2</sup> per ponti per strade ordinarie e che sostengono un rialzo nullo alle | <sup>2,50</sup> per ponti convinti con limitate rialzo e per ponti per ferrovie con molto rialzo | <sup>3</sup> per ponti per ferrovie con un rialzo limitato |
| Metri                  | Metri | Metri | Metri                           | Metri                 | Metri       | Metri                                       | Metri                                                       | Metri                                                                             | Metri                                                                                            | Metri                                                      |
| 0,75                   | 0,90  | 0,15  | 0,00                            | 0,30                  | 0,30        | 0,18                                        | 1,50                                                        | 0,60                                                                              | 0,60                                                                                             | 0,60                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 3,00                                                        | 0,60                                                                              | 0,60                                                                                             | 0,60                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 4,50                                                        | 0,60                                                                              | 0,60                                                                                             | 0,60                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 6,00                                                        | 0,60                                                                              | 0,60                                                                                             | 0,60                                                       |
| »                      | »     | »     | 0,60                            | 0,30                  | 0,30        | 0,18                                        | 1,50                                                        | 0,78                                                                              | 0,90                                                                                             | 0,99                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 3,00                                                        | 0,90                                                                              | 1,02                                                                                             | 1,11                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 4,50                                                        | 0,96                                                                              | 1,08                                                                                             | 1,17                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 6,00                                                        | 0,99                                                                              | 1,11                                                                                             | 1,23                                                       |
| »                      | »     | »     | 1,50                            | 0,30                  | 0,30        | 0,18                                        | 1,50                                                        | 0,78                                                                              | 0,90                                                                                             | 1,02                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 3,00                                                        | 0,99                                                                              | 1,11                                                                                             | 1,26                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 4,50                                                        | 1,08                                                                              | 1,23                                                                                             | 1,35                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 6,00                                                        | 1,14                                                                              | 1,29                                                                                             | 1,44                                                       |
| »                      | »     | »     | 3,00                            | 0,30                  | 0,30        | 0,18                                        | 1,50                                                        | 0,78                                                                              | 0,90                                                                                             | 1,02                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 3,00                                                        | 0,99                                                                              | 1,11                                                                                             | 1,26                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 4,50                                                        | 1,11                                                                              | 1,26                                                                                             | 1,41                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 6,00                                                        | 1,20                                                                              | 1,35                                                                                             | 1,50                                                       |
| 1,50                   | 1,80  | 0,30  | 0,00                            | 0,30                  | 0,30        | 0,18                                        | 1,50                                                        | 0,60                                                                              | 0,69                                                                                             | 0,75                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 3,00                                                        | 0,63                                                                              | 0,72                                                                                             | 0,81                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 4,50                                                        | 0,66                                                                              | 0,75                                                                                             | 0,81                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 6,00                                                        | 0,66                                                                              | 0,75                                                                                             | 0,84                                                       |
| »                      | »     | »     | 0,60                            | 0,30                  | 0,30        | 0,18                                        | 1,50                                                        | 1,02                                                                              | 1,20                                                                                             | 1,35                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 3,00                                                        | 1,23                                                                              | 1,41                                                                                             | 1,59                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 4,50                                                        | 1,32                                                                              | 1,53                                                                                             | 1,68                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 6,00                                                        | 1,38                                                                              | 1,56                                                                                             | 1,74                                                       |
| »                      | »     | »     | 1,50                            | 0,30                  | 0,30        | 0,18                                        | 1,50                                                        | 1,14                                                                              | 1,35                                                                                             | 1,53                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 3,00                                                        | 1,44                                                                              | 1,63                                                                                             | 1,86                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 4,50                                                        | 1,62                                                                              | 1,86                                                                                             | 2,07                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 6,00                                                        | 1,74                                                                              | 1,95                                                                                             | 2,19                                                       |
| »                      | »     | »     | 3,00                            | 0,39                  | 0,39        | 0,23                                        | 1,50                                                        | 1,14                                                                              | 1,35                                                                                             | 1,53                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 3,00                                                        | 1,53                                                                              | 1,77                                                                                             | 1,98                                                       |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 4,50                                                        | 1,74                                                                              | 2,01                                                                                             | 2,25                                                       |

*Segue la Tavola III.*

| Raggio dell'intradosso | Corda | Menta | Altezza del carico sulla chiave | GROSSEZZA DELLA VOLTÀ |             |                                            | Altezza della spalla dal piano delle fondazioni all'imposta | GROSSEZZA DELLA SPALLA ammettendo per coefficiente di stabilità                   |                                                                                                   |                                                               |
|------------------------|-------|-------|---------------------------------|-----------------------|-------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
|                        |       |       |                                 | alla chiave           | all'imposta | Proiezione orizzontale del piano d'imposta |                                                             | <sup>2</sup><br>per ponti per strade ordinarie e per ponti a un rialzo molto alto | <sup>2.50</sup><br>per ponti comuni con limitate rialzo e per ponti per ferrovie con molto rialzo | <sup>3</sup><br>per ponti per ferrovie con un rialzo limitato |
| R                      | 2 C   | m     | h                               | c                     | d           | p                                          | a                                                           | s                                                                                 | s                                                                                                 | s                                                             |
| Metri                  | Metri | Metri | Metri                           | Metri                 | Metri       | Metri                                      | Metri                                                       | Metri                                                                             | Metri                                                                                             | Metri                                                         |
| 3,00                   | 3,60  | 0,60  | 0,00                            | 0,30                  | 0,30        | 0,18                                       | 6,00                                                        | 1,92                                                                              | 2,19                                                                                              | 2,48                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 1,50                                                        | 1,20                                                                              | 1,38                                                                                              | 1,56                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 1,35                                                                              | 1,53                                                                                              | 1,71                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 1,41                                                                              | 1,62                                                                                              | 1,80                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 1,47                                                                              | 1,68                                                                                              | 1,86                                                          |
| »                      | »     | »     | 0,60                            | 0,36                  | 0,36        | 0,22                                       | 1,50                                                        | 1,56                                                                              | 1,83                                                                                              | 2,10                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 1,89                                                                              | 2,19                                                                                              | 2,46                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 2,07                                                                              | 2,37                                                                                              | 2,67                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 2,19                                                                              | 2,49                                                                                              | 2,76                                                          |
| »                      | »     | »     | 1,50                            | 0,45                  | 0,45        | 0,27                                       | 1,50                                                        | 1,68                                                                              | 2,04                                                                                              | 2,34                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 2,19                                                                              | 2,55                                                                                              | 2,88                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 2,46                                                                              | 2,85                                                                                              | 3,18                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 2,64                                                                              | 3,03                                                                                              | 3,36                                                          |
| »                      | »     | »     | 3,00                            | 0,54                  | 0,54        | 0,32                                       | 1,50                                                        | 1,74                                                                              | 2,13                                                                                              | 2,46                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 2,34                                                                              | 2,76                                                                                              | 3,12                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 2,73                                                                              | 3,15                                                                                              | 3,54                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 3,00                                                                              | 3,45                                                                                              | 3,84                                                          |
| 4,50                   | 5,40  | 0,90  | 0,00                            | 0,36                  | 0,39        | 0,23                                       | 1,50                                                        | 1,56                                                                              | 1,86                                                                                              | 2,13                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 1,83                                                                              | 2,13                                                                                              | 2,40                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 1,98                                                                              | 2,28                                                                                              | 2,55                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 2,07                                                                              | 2,37                                                                                              | 2,61                                                          |
| »                      | »     | »     | 0,60                            | 0,48                  | 0,48        | 0,29                                       | 1,50                                                        | 1,95                                                                              | 2,37                                                                                              | 2,73                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 2,40                                                                              | 2,82                                                                                              | 3,21                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 2,67                                                                              | 3,09                                                                                              | 3,45                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 2,82                                                                              | 3,24                                                                                              | 3,63                                                          |
| »                      | »     | »     | 1,50                            | 0,54                  | 0,54        | 0,32                                       | 1,50                                                        | 2,16                                                                              | 2,64                                                                                              | 3,06                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 2,76                                                                              | 3,27                                                                                              | 3,72                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 3,15                                                                              | 3,66                                                                                              | 4,11                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 3,39                                                                              | 3,90                                                                                              | 4,38                                                          |
| »                      | »     | »     | 3,00                            | 0,72                  | 0,72        | 0,43                                       | 1,50                                                        | 2,19                                                                              | 2,94                                                                                              | 3,15                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 2,91                                                                              | 3,48                                                                                              | 3,96                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 3,39                                                                              | 3,99                                                                                              | 4,50                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 3,75                                                                              | 4,35                                                                                              | 4,89                                                          |
| 6,00                   | 7,20  | 1,20  | 0,00                            | 0,45                  | 0,48        | 0,29                                       | 1,50                                                        | 1,92                                                                              | 2,31                                                                                              | 2,67                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 2,28                                                                              | 2,67                                                                                              | 3,03                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 2,49                                                                              | 2,88                                                                                              | 3,24                                                          |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 2,61                                                                              | 3,00                                                                                              | 3,36                                                          |
| »                      | »     | »     | 0,60                            | 0,57                  | 0,57        | 0,34                                       | 1,50                                                        | 2,31                                                                              | 2,82                                                                                              | 3,30                                                          |

Segue la **Tavola III.**

| Raggio dell'intradosso | Corda | Mouta | Altezza del carico sulla chiave | GROSSEZZA DELLA VOLTA |             |                                            | Altezza della spalla dal piano delle fondazioni all'imposta | GROSSEZZA DELLA SPALLA ammettendo per coefficiente di stabilità           |                                                                                        |                                                    |
|------------------------|-------|-------|---------------------------------|-----------------------|-------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
|                        |       |       |                                 | alla chiave           | all'imposta | Proiezione orizzontale del piano d'imposta |                                                             | 2<br>per ponti per strade ordinarie e che sostengono un rialzo molto alto | 2,50<br>per ponti comuni con limitolo rialzo e per ponti per ferrovie con molto rialzo | 3<br>per ponti per ferrovie con un rialzo limitato |
| R                      | 2 C   | m     | h                               | c                     | d           | p                                          | a                                                           | s                                                                         | s                                                                                      | s                                                  |
| Metri                  | Metri | Metri | Metri                           | Metri                 | Metri       | Metri                                      | Metri                                                       | Metri                                                                     | Metri                                                                                  | Metri                                              |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 2,85                                                                      | 3,30                                                                                   | 3,87                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 3,18                                                                      | 3,72                                                                                   | 4,20                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 3,42                                                                      | 3,93                                                                                   | 4,41                                               |
| »                      | »     | »     | 1,50                            | 0,69                  | 0,63        | 0,41                                       | 1,50                                                        | 2,52                                                                      | 3,12                                                                                   | 3,63                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 3,21                                                                      | 3,84                                                                                   | 4,34                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 3,66                                                                      | 4,29                                                                                   | 4,86                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 3,99                                                                      | 4,62                                                                                   | 5,19                                               |
| »                      | »     | »     | 3,00                            | 0,90                  | 0,90        | 0,54                                       | 1,50                                                        | 2,58                                                                      | 3,21                                                                                   | 3,81                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 3,39                                                                      | 4,08                                                                                   | 4,63                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 3,96                                                                      | 4,65                                                                                   | 5,31                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 4,35                                                                      | 5,10                                                                                   | 5,76                                               |
| 7,50                   | 9,00  | 1,50  | 0,40                            | 0,54                  | 0,60        | 0,36                                       | 1,50                                                        | 2,22                                                                      | 2,73                                                                                   | 3,18                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 2,70                                                                      | 3,18                                                                                   | 3,63                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 2,97                                                                      | 3,45                                                                                   | 3,90                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 3,12                                                                      | 3,60                                                                                   | 4,05                                               |
| »                      | »     | »     | 0,60                            | 0,66                  | 0,72        | 0,43                                       | 1,50                                                        | 2,64                                                                      | 3,27                                                                                   | 3,81                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 3,27                                                                      | 3,90                                                                                   | 4,47                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 3,66                                                                      | 4,29                                                                                   | 4,86                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 3,93                                                                      | 4,56                                                                                   | 5,13                                               |
| »                      | »     | »     | 1,60                            | 0,84                  | 0,87        | 0,52                                       | 1,50                                                        | 2,85                                                                      | 3,54                                                                                   | 4,20                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 3,60                                                                      | 4,35                                                                                   | 5,01                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 4,14                                                                      | 4,86                                                                                   | 5,55                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 4,50                                                                      | 5,25                                                                                   | 5,94                                               |
| »                      | »     | »     | 3,00                            | 1,05                  | 1,05        | 0,63                                       | 1,50                                                        | 2,94                                                                      | 3,72                                                                                   | 4,41                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 3,84                                                                      | 4,65                                                                                   | 5,37                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 4,47                                                                      | 5,31                                                                                   | 6,06                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 4,92                                                                      | 5,79                                                                                   | 6,57                                               |
| 9,00                   | 10,80 | 1,80  | 0,00                            | 0,63                  | 0,72        | 0,43                                       | 1,50                                                        | 2,55                                                                      | 3,15                                                                                   | 3,69                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 3,06                                                                      | 3,66                                                                                   | 4,20                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 3,39                                                                      | 3,99                                                                                   | 4,53                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 3,60                                                                      | 4,20                                                                                   | 4,71                                               |
| »                      | »     | »     | 0,60                            | 0,78                  | 0,84        | 0,50                                       | 1,50                                                        | 2,97                                                                      | 3,69                                                                                   | 4,32                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 3,66                                                                      | 4,38                                                                                   | 5,04                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 4,08                                                                      | 4,83                                                                                   | 5,49                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 6,00                                                        | 4,41                                                                      | 5,13                                                                                   | 5,79                                               |
| »                      | »     | »     | 1,50                            | 0,96                  | 0,99        | 0,59                                       | 1,50                                                        | 3,18                                                                      | 3,99                                                                                   | 4,74                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 3,00                                                        | 4,02                                                                      | 4,86                                                                                   | 5,61                                               |
| »                      | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                          | 4,50                                                        | 4,59                                                                      | 5,43                                                                                   | 6,21                                               |

Segue la Tavola III.

| Raggio dell' intradosso | Corda |       | Altezza del carico sulla chiave | GROSSEZZA DELLA VOLTÀ |             |                                             | Altezza della spalla del pino delle fondazioni all'imposta | GROSSEZZA DELLA SPALLA ammettendo per coefficiente di stabilità                  |                                                                                                |                                                         |
|-------------------------|-------|-------|---------------------------------|-----------------------|-------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|                         | R     | 2 C   |                                 | alla chiave           | all'imposta | Proiezione orizzontale del piano d' imposta |                                                            | <sup>2</sup> per ponti per strade ordinarie e che sostengono un risma molto alto | <sup>2.50</sup> per ponti comuni con limitate rialze e per ponti per ferrovie con molto rialzo | <sup>3</sup> per ponti per ferrovie con rialzo limitato |
| Metri                   | Metri | Metri | Metri                           | Metri                 | Metri       | Metri                                       | Metri                                                      | Metri                                                                            | Metri                                                                                          | Metri                                                   |
| »                       | »     | »     | 3,00                            | 1,17                  | 1,17        | 0,70                                        | 6,00                                                       | 4,98                                                                             | 5,85                                                                                           | 6,63                                                    |
| »                       | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 1,50                                                       | 3,33                                                                             | 4,20                                                                                           | 5,01                                                    |
| »                       | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 3,00                                                       | 4,26                                                                             | 5,19                                                                                           | 6,03                                                    |
| »                       | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 4,50                                                       | 4,95                                                                             | 5,91                                                                                           | 6,78                                                    |
| »                       | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 6,00                                                       | 5,46                                                                             | 6,43                                                                                           | 7,35                                                    |
| 10,50                   | 12,60 | 2,10  | 0,09                            | 0,75                  | 0,87        | 0,52                                        | 1,50                                                       | 2,85                                                                             | 3,57                                                                                           | 4,20                                                    |
| »                       | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 3,00                                                       | 3,42                                                                             | 4,14                                                                                           | 4,77                                                    |
| »                       | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 4,50                                                       | 3,84                                                                             | 4,53                                                                                           | 5,13                                                    |
| »                       | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 6,00                                                       | 4,08                                                                             | 4,77                                                                                           | 5,40                                                    |
| »                       | »     | »     | 0,60                            | 0,93                  | 0,99        | 0,59                                        | 1,50                                                       | 3,24                                                                             | 4,08                                                                                           | 4,83                                                    |
| »                       | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 3,00                                                       | 3,99                                                                             | 4,83                                                                                           | 5,58                                                    |
| »                       | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 4,50                                                       | 4,50                                                                             | 5,34                                                                                           | 6,09                                                    |
| »                       | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 6,00                                                       | 4,86                                                                             | 5,70                                                                                           | 6,45                                                    |
| »                       | »     | »     | 1,50                            | 1,08                  | 1,11        | 0,67                                        | 1,50                                                       | 3,51                                                                             | 4,44                                                                                           | 5,28                                                    |
| »                       | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 3,00                                                       | 4,38                                                                             | 5,34                                                                                           | 6,18                                                    |
| »                       | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 4,50                                                       | 5,01                                                                             | 5,97                                                                                           | 6,84                                                    |
| »                       | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 6,00                                                       | 5,46                                                                             | 6,45                                                                                           | 7,32                                                    |
| »                       | »     | »     | 3,00                            | 1,26                  | 1,26        | 0,76                                        | 1,50                                                       | 3,66                                                                             | 4,68                                                                                           | 5,58                                                    |
| »                       | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 3,00                                                       | 4,68                                                                             | 5,73                                                                                           | 6,60                                                    |
| »                       | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 4,50                                                       | 5,40                                                                             | 6,51                                                                                           | 7,50                                                    |
| »                       | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 6,00                                                       | 6,00                                                                             | 7,11                                                                                           | 8,16                                                    |
| 12,00                   | 14,40 | 2,40  | 0,00                            | 0,87                  | 0,99        | 0,59                                        | 1,50                                                       | 3,15                                                                             | 3,96                                                                                           | 4,68                                                    |
| »                       | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 3,00                                                       | 3,81                                                                             | 4,62                                                                                           | 5,34                                                    |
| »                       | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 4,50                                                       | 4,23                                                                             | 5,04                                                                                           | 5,76                                                    |
| »                       | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 6,00                                                       | 4,56                                                                             | 5,34                                                                                           | 6,06                                                    |
| »                       | »     | »     | 0,60                            | 1,02                  | 1,11        | 0,67                                        | 1,50                                                       | 3,54                                                                             | 4,47                                                                                           | 5,31                                                    |
| »                       | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 3,00                                                       | 4,32                                                                             | 5,28                                                                                           | 6,12                                                    |
| »                       | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 4,50                                                       | 4,86                                                                             | 5,82                                                                                           | 6,66                                                    |
| »                       | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 6,00                                                       | 5,28                                                                             | 6,21                                                                                           | 7,05                                                    |
| »                       | »     | »     | 1,50                            | 1,17                  | 1,20        | 0,72                                        | 1,50                                                       | 3,84                                                                             | 4,86                                                                                           | 5,79                                                    |
| »                       | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 3,00                                                       | 4,74                                                                             | 5,79                                                                                           | 6,75                                                    |
| »                       | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 4,50                                                       | 5,40                                                                             | 6,48                                                                                           | 7,44                                                    |
| »                       | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 6,00                                                       | 5,91                                                                             | 6,99                                                                                           | 7,95                                                    |
| »                       | »     | »     | 3,00                            | 1,35                  | 1,35        | 0,81                                        | 1,50                                                       | 4,02                                                                             | 5,16                                                                                           | 6,15                                                    |
| »                       | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 3,00                                                       | 5,07                                                                             | 6,24                                                                                           | 7,29                                                    |
| »                       | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 4,50                                                       | 5,85                                                                             | 7,05                                                                                           | 8,16                                                    |
| »                       | »     | »     | »                               | »                     | »           | »                                           | 6,00                                                       | 6,45                                                                             | 7,71                                                                                           | 8,79                                                    |

915. DIMENSIONI DEI MURI DI VOLTATESTA O DI RISVOLTO, DEI MURI D'ALA, E LORO IMPIEGO. — Le dimensioni dei muri di voltatesta e dei muri d'ala, si determinano colle considerazioni già svolte nei paragrafi 840 e seguenti, e colle istruzioni e tavole pratiche dello *Scheffler* riferite al paragrafo 848, facendo in generale entrambo i muri l'ufficio di muri di sostegno. Altre tavole pratiche però si determinarono in proposito, e una fra queste abbastanza utile, perchè considera particolarmente i casi delle terre le più comuni, e che io riporto nel paragrafo seguente.

Per riguardo poi al loro impiego è ad avvertirsi, che quando non sia il caso di guidare le acque del fiume inverso la lince libera del fiume, per cui non siano assolutamente richiesti i muri d'ala, e sia necessario di sostenere la scarpa delle terre agli accessi del ponte, si possono costruire i muri di voltatesta o di risvolto, purchè però le scarpe delle terre in sugli accessi al ponte si conformino a quarto di cono, col vertice all' estremità dello stesso muro di risvolto, e colla base sul terreno su cui è scavato il letto del fiume. Ciò perchè i muri di risvolto o voltatesta si prestano malamente a sostenere le stesse scarpe in sugli accessi al ponte. Allo scopo poi di assicurare la maggiore stabilità al cono a cui si conformarono le scarpe delle terre, conviene ricoprirlo con una incamiciata di pietre a secco.

916. TAVOLE PRATICHE PER DETERMINARE LA GROSSEZZA DEI MURI DI SOSTEGNO IMPIEGATI COME MURI D'ALA DEI PONTI, A SECONDA DELLA QUALITÀ DI TERRA CHE SOSTENGONO. — Comunque bastino i metodi teorici e pratici finora studiati per determinare la grossezza dei muri di sostegno, qualunque si voglia essere la loro destinazione, pure stimo di riportare anche la tavola pratica a ciò compilata dallo *Genieys*, e che io trovo nell' opera dell' ingegnere *Cantalupi*, dal titolo *Trattato pratico d'architettura stradale*, non lasciando però d'avvertire che la grossezza offerta da questa tavola è superiore a quella che ne offre il metodo pratico dello *Scheffler*, e la stessa teoria studiata ai paragrafi 840 e seguenti.

**Tavola della grossezza a darsi ai muri di sostegno e di ala dei ponti, essendo a faccie verticali, o con scarpa esterna del 1/20 dell'altezza del muro, ed espressa in funzione della stessa altezza.**

| COSTRUTTURA<br>DEL<br>MURO DI SOSTEGNO                    | TERRA<br>ORDINARIA<br>VEGETALE<br>PESANTE<br>1100 C. g. al m. c. |            | TERRA<br>ARGILLOSA<br>PESANTE<br>1210 C. g. al m. c. |            | TERRA MISTA<br>A GROSSA<br>GHIAIA<br>PESANTE<br>1500 C. g. al m. c. |            | TERRA MISTA<br>A MINUTA<br>GHIAIA<br>PESANTE<br>1435 C. g. al m. c. |            | SABBIA<br>PESANTE<br>1316 C. g. al m. c. |            | BOTTEMI,<br>RIMASUGLI<br>DI ROCCE EGG.<br>PESANTI<br>1756 C. g. al m. c. |            | TERRA<br>SABBIOSA<br>PESANTE<br>1350 C. g. al m. c. |            |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------|------------------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------|------------|------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------|------------|
|                                                           | muro<br>verticale                                                | con scarpa | muro<br>verticale                                    | con scarpa | muro<br>verticale                                                   | con scarpa | muro<br>verticale                                                   | con scarpa | muro<br>verticale                        | con scarpa | muro<br>verticale                                                        | con scarpa | muro<br>verticale                                   | con scarpa |
| Muro di mattoni pesante<br>1750 C. g. al m. c.            | 0, 10 A 0, 12.                                                   | A 0, 17.   | A 0, 13.                                             | A 0, 15.   | A 0, 19.                                                            | A 0, 15.   | A 0, 19.                                                            | A 0, 24.   | A 0, 29.                                 | A 0, 24.   | A 0, 19.                                                                 | A 0, 54.   | A 0, 50.                                            | A          |
| Muro di pietrame pesante<br>2260 C. g. al m. c.           | 0, 15.                                                           | A 0, 10.   | A 0, 16.                                             | A 0, 11.   | A 0, 17.                                                            | A 0, 13.   | A 0, 30.                                                            | A 0, 26.   | A 0, 23.                                 | A 0, 22.   | A 0, 17.                                                                 | A 0, 49.   | A 0, 44.                                            | A          |
| Muro di pietra da taglio<br>pesante 2700 C. g. al m. c.   | 0, 13.                                                           | A 0, 08.   | A 0, 14.                                             | A 0, 09.   | A 0, 16.                                                            | A 0, 11.   | A 0, 26.                                                            | A 0, 23.   | A 0, 23.                                 | A 0, 17.   | A 0, 14.                                                                 | A 0, 44.   | A 0, 39.                                            | A          |
| Muro di ciottoli sfuttanti<br>pesante 2360 C. g. al m. c. | 0, 14.                                                           | A 0, 09.   | A 0, 15.                                             | A 0, 10.   | A 0, 17.                                                            | A 0, 12.   | A 0, 30.                                                            | A 0, 25.   | A 0, 25.                                 | A 0, 21.   | A 0, 15.                                                                 | A 0, 47.   | A 0, 42.                                            | A          |
| Muro di mattoni e di pietrame pesante 1950 C. g. al m. c. | 0, 16.                                                           | A 0, 11.   | A 0, 17.                                             | A 0, 12.   | A 0, 18.                                                            | A 0, 14.   | A 0, 32.                                                            | A 0, 28.   | A 0, 28.                                 | A 0, 23.   | A 0, 15.                                                                 | A 0, 51.   | A 0, 47.                                            | A          |

ND. La grossezza segnata nei muri a scarpa intendosi la grossezza al ciglio. — La grossezza alla base degli stessi muri, detta  $x$  la grossezza al ciglio, è data da  $x + \frac{1}{20} A$ .

**917. DIMENSIONI DELLE RIMANENTI PARTI ACCESSORIE D'UN PONTE IN MURATURA.** — Le parti accessorie d'un ponte in muratura, delle quali importi conoscere le dimensioni sono i muri di fronte del ponte, e i parapetti. I primi soglionsi fare di m. 0,40 di grossezza nell'estremo di loro altezza, e dove s'appoggia la fascia o cornice di coronamento del ponte. Nella parete interna però gli stessi muri o si conformano a scarpa col piede dell' $\frac{1}{6}$  dell'altezza; oppure, lo che riesce più vantaggioso alla loro stabilità, si tagliano a riseghe per così caricarle del riempimento di muratura che si pone tra i fianchi delle arcate, e che vale a sostegno del suolo stradale. I parapetti si sogliono fare alti per m. 0,80 o m. 1,20, e della grossezza da m. 0,30 a m. 0,60.

**918. CARICO DA CUI SONO GRAVATE LE ARCADE DEI PONTI.** — Il carico da cui sono gravate le arcate dei ponti in muratura distinguesi in permanente o accidentale. Il primo, è dato dalla somma dei pesi di tutte le murature che insistono sulle arcate, compresi il peso proprio dell'arcata, quello cioè dovuto ai materiali con cui è formata, e il peso del sottosuolo e suolo stradale stabiliti sulle arcate, sia per strade ordinarie che per strade ferrate.

Conoscendo quindi il peso specifico di tutti i materiali che compongono le accennate parti, è facile dedurne il peso che gravita sulle arcate.

Il carico accidentale come già notai al paragr. 906 varia secondo che il ponte sostiene una via ordinaria o una via ferrata. Nel primo, e per le stesse considerazioni fatte al ricordato paragrafo, il carico accidentale si valuta in C. g. 600 per ogni metro quadrato di suolo stradale. Nel secondo caso il massimo carico accidentale varia secondo che la strada è ad un solo binario, ed in pianura, per cui non richiedonsi locomotive molto pesanti; o in montagna per cui richiedonsi locomotive pesanti; oppure è a due binarii e nelle stesse condizioni di località.

Quando la via è ad un solo binario ed è in pianura, il massimo carico accidentale suolsi valutare in C. g. 4000 per metro corrente, e in C. g. 1600 per metro quadrato di superficie stradale del ponte se le traversine sulle quali stanno le due rotaie d'uno stesso binario sono lunghe m. 2,50 ciascuna. Il doppio se la strada è in pianura e con due binarii. Se poi la via è in montagna e ad un solo binario, il massimo carico accidentale suolsi valutare in C. g. 5000 per metro corrente, e in C. g. 2000 per metro quadrato di superficie stradale, se le stesse traversine su cui stanno le rotaie d'un binario sono lunghe, ciascuna m. 2,50; il doppio se la strada è in montagna e a due binarii.

## CAPITOLO IV.

### **Dei ponti in ferro.**

919. CONSIDERAZIONI GENERALI. — La costruzione delle vie ferrate, impegnò l'arte del costruire nella soluzione di novelli problemi, vogliasi, dal lato della prontezza dell'esecuzione, vogliasi in riguardo alla qualità dei novelli materiali impiegati in opere, per le quali si sarebbe giudicato impossibile ogni altro materiale che non fosse stata la pietra, vogliasi infine in riguardo ai novelli e maggiori bisogni soddisfatti. I ponti in ferro sono forse principalissimi, nella categoria dei novelli problemi risolti dall'arte del costruire, e da 40 anni in quà, pochi ponti si sono costruiti per attraversare fiumi o vallate che non siano stati in ferro, nell'Inghilterra particolarmente. Che se a coteste novelle opere dell'arte, non sorride eterna la durata al pari di quella dei ponti in pietra antichi e moderni, sorride però bene la certezza di aver con esse e per esse superato difficoltà insormontabili ai ponti in pietra, chiunque ne fosse stato il costruttore, non mancando al tempo stesso di presentarsi di un'arditezza tale a cui l'arte non sarebbe giunta giammai senza l'impiego del ferro e della ghisa.

Le grandi spese di manutenzione e la poca stabilità dei ponti in legno; il gran peso sulle fondazioni pei ponti in pietra, la tardità nell'esecuzione di essi l'impossibilità di costruire con le pietre archi di corda considerevole, e la possibilità infine di costruire dei ponti obliqui senza incontrare le difficoltà che per siffatti ponti s'incontrano colla costruzione in pietra, furono le cagioni principali che indussero gli ingegneri inglesi per primi, a sostituire il ferro alle pietre, nella costruzione dei ponti.

Due difetti però principalissimi si possono addebitare ai ponti in ferro; l'uno generale e che si verifica in tutte le contrade, la poca durata cioè che essi presentano a petto dell'eterna che puossi sperare dai ponti in pietra, se l'esecuzione di questi è stata fedelmente eseguita secondo i dettami dell'arte; l'altra particolare se così posso esprimermi, e riguardante l'economia che può tornarne a quei paesi particolarmente che difettano del ferro e abbondano, come l'Italia, di pietre e di buone malte, dal preferire i ponti in pietra a quelli in ferro.

Lasciando quindi al costruttore la scelta del materiale ad adoperare, stimo meglio occuparmi dell'illustrazione dei principali sistemi di ponti in ferro che si eseguiscano di presente, limitatamente però allo scopo di quest'opera.



920. PRINCIPALI SISTEMI DI PONTI IN FERRO. — Tra i vari sistemi secondo cui si costruiscono di presente i ponti in ferro, i principali sono i seguenti:

PONTI A TRAVATE RETTILINEE, costituiti da due o più travi longitudinali di ferro, collocate sopra un certo numero di piedritti, per quante sono le travate più una, e sulle quali riposa l'impalcatura che sostiene il suolo stradale.

PONTI AD ARCO, e i quali a vero dire si suddividono, in *ponti ad arco inferiormente al suolo stradale*, e nei quali il suolo medesimo insiste sopra archi di ferro o di ghisa, impostati, come gli archi di pietra sulle spalle e sulle pile del ponte; e *ponti ad arco superiormente al suolo stradale*, e denominati dal loro inventore, l'ingegnere *Brunet* figlio al celebre ingegnere che ha costruito il *Tunnel* sotto il Tamigi, archi *Bow-Strings*, arco cioè con la sua corda; essendo che questi archi, come lo dice il loro nome, hanno le loro estremità riunite da un tirante o corda che, come dissi al paragr. 622 può essere rettilinea, poligonale o curvilinea. Questa corda poi serve ad eliminare la spinta orizzontale dell'arco sul piedritto che lo sopporta, e a sostenere l'impalcatura su cui si costruisce il suolo stradale.

PONTI SOSPESI, nei quali l'impalcatura che sostiene il suolo stradale è portata da un certo numero di tiranti verticali sostenuti da catene, che passando su alti pilastri, piegano colle loro estremità in verso il terreno, ove s'attaccano a robustissimi ritegni.

921. PONTI A TRAVATE RETTILINEE E LORO DISTINZIONE. — Fra i tanti sistemi di ponti in ferro che annoverai nel precedente paragrafo, sono mai sempre a preferirsi quelli a travate rettilinee, sia per la massima luce libera che essi concedono al ponte allorquando debba riuscire notevole la distanza fra le spalle, sia perchè non esercitando alcuna spinta laterale sulle pile e sulle spalle, ma solo pressioni verticali sulle medesime, riescono i ponti di più facile costruzione e di maggior economia. La principale distinzione di questi ponti è in riguardo alla loro portata, per cui si distinguono in *ponti a travate rettilinee di piccola portata*, limitati a una sola travata grande sino a 10 metri; e in *ponti a travate rettilinee di grande portata*, a una sola o a più travate eguali o diseguali, purchè in questo caso rimangano minori quelle delle due sponde del ponte, e giammai inferiori ciascuna a m. 30. Il primo ponte a travate rettilinee di grande portata, è stato il così detto ponte *Britannia* in Inghilterra, costruito da *Roberto Stephenson* nel 1847 sulla ferrovia a due binarii *Chester-Holyead*, e grande di quattro travate, due di 140 metri l'una, e le altre due di 70 metri ciascuna.

Entrambe poi di queste due specie di ponti si possono costruire tanto per vie ordinarie che per vie ferrate.

**922. PONTI A TRAVATE RETTILINEE DI PICCOLA PORTATA PER VIE ORDinarie o CARREGGIABILI.** — Ciò che distingue i ponti a travate rettilinee di piccola portata per vie ordinarie da quelli per vie ferrate, è l'impalcatura che s'appoggia sulle spalle, e che sostiene il suolo stradale. Ora l'impalcatura dei ponti consimili per vie ordinarie, si compone delle travi longitudinali, della coperta e del suolo stradale. Le travi longitudinali o sono due e poste alle estremità della larghezza del ponte, oppure sono più di due, poste sempre nella direzione della lunghezza del ponte, ma distanti fra loro, e meglio da mezzo a mezzo, per non meno di m. 1,50.

Quando le travi sono due, il palco si compone di travi trasversali di ferro, e di una coperta di legname. Le travi trasversali si pongono ad una distanza reciproca, variabile da m. 1 a m. 1,50, collegandole al tempo stesso colle travi longitudinali. Sulle travi trasversali si pone poi la coperta di legname costruita con tavoloni grossi da m. 0,06 a m. 0,08.

Quando poi le travi sono più di due, il palco è solo formato dalla coperta di legname costruita con tavoloni grossi sempre da m. 0,06 a m. 0,08, e disposti trasversalmente alla lunghezza del ponte. Tanto le travi trasversali che le longitudinali sono sempre in forma di doppio T, e costruite con lamiere di ferro, e ferri d'angolo come indicai al paragr. 619, *Libro Quinto*.

Infine il suolo stradale è formato da una seconda coperta di tavoloni posti trasversalmente ai primi, e grossi per m. 0,04.

**923. PONTI A TRAVATE RETTILINEE DI PICCOLA PORTATA PER VIE FERRATE.** — L'impalcatura di questi ponti si può di tanto modificare per riguardo al numero delle travi longitudinali che ne sono la parte principale, e alla loro disposizione, che le modificazioni stesse hanno formato quasi sei tipi o sistemi differenti di ponti in ferro a travate rettilinee di piccola portata e per vie ferrate, ciascuno dei quali è qui brevemente indicato.

**1° Sistema.** — Ponte con impalcatura sostenuta da tante travi longitudinali, quante sono le rotaie della via, e per modo che ciascuna trave sostenga direttamente la longarina su cui è infissa la rotaia; più due altre travi longitudinali di minori dimensioni alle prime, e poste alle estremità della larghezza del ponte per sostenere il parapetto e i marciapiedi del medesimo, quando le stesse due travi non vogliansi surrogare da mensoloni. A rilegare poi le travi longitudinali e formare la prima orditura del palco del ponte usansi le travi trasversali poste a distanza reciproca fra i loro assi, di m. 1 a m. 1,50, e sulle quali si costruisce una coperta con tavoloni grossi m. 0,04, che a sua volta si

ricopre con uno strato di sabbia e piccola ghiaia, così detto strato di *ballast*, alto per m. 0,10 a m. 0,15. Non è raro che alla coperta di tavoloni si sostituiscano delle lamine di ferro che si rilegano con chiodatura alle travi trasversali e longitudinali.

La figura 238<sup>a</sup> rappresenta questo primo sistema, e in essa le travi longitudinali che sostengono le rotaie, quelle poste alle due fronti del ponte, e le travi trasversali sono segnate da *Tr*, *Tf*. *T*.

2° Sistema. — Ponte con impalcatura sostenuta da tante travi longitudinali accoppiate due a due, per quante sono le rotaie, le quali infisse sempre su longarine o correnti di legname, insistono ciascuna sulla trave trasversale che accoppia e rilega due travi longitudinali; più da due altre travi longitudinali di dimensioni minori, poste sulle fronti del ponte per sostenerne i parapetti e i marciapiedi se vi fossero; e da travi trasversali infine poste a distanze reciproche di m. 1 a m. 1,20, e le quali collegandosi alle travi longitudinali sostengono il palco del ponte che si costruisce come indicai nel 1° Sistema.

La figura 239<sup>a</sup> rappresenta questo nuovo sistema; e in essa le travi trasversali che accoppiano a due a due le travi longitudinali sono segnate da *Tc*.

3° Sistema. — Ponte con impalcatura sostenuta da tante travi accoppiate pur esse a due a due per quante sono le rotaie, e tenute alla distanza eguale alla larghezza dei binarii, per cui le rotaie di ciascun binario infisse sempre su longarine, appoggiano sulle estremità delle travi trasversali che accoppiano a due a due le travi longitudinali, rimanendo fra queste travi racchiuse.

Non mancano anche in questo sistema due minori travi longitudinali poste alle fronti, ossia alle estremità della larghezza del ponte; e le travi trasversali poste alla distanza di m. 1 a m. 1,20 per collegare meglio le travi longitudinali alle quali si rilegano con chiodature, e per sostenere il palco del ponte che si costruisce come nei due sistemi precedenti. La figura 240<sup>a</sup> offre la rappresentazione di questo sistema.

4° Sistema. — Ponte con impalcatura sostenuta da tre travi eguali longitudinali, poste una nel mezzo, e le altre due rispettivamente alle due estremità della larghezza del ponte. Queste tre travi sostengono le travi trasversali poste a distanza reciproca non mai maggiore di m. 1,10, e sulle quali insistono le longarine su cui sono infisse le rotaie e il palco del ponte costruito come nei precedenti sistemi. La figura 241<sup>a</sup> rappresenta questo sistema.

5° Sistema. — Ponte con impalcatura sostenuta da due sole travi longitudinali poste alle estremità della larghezza del ponte, e alle quali si collegano le travi trasversali come nel sistema precedente, per soste-

nere anche in questo sistema le ruotaie e il palco. Le ruotaie sono sempre infisse su longarine, ed il palco è costruito come precedentemente. La stessa figura 241<sup>a</sup> può bastantemente offrirci idea chiara del 5° Sistema, immaginando toglia la trave di mezzo.

6° Sistema. — Ponte infine con impalcatura sostenuta da due o tre travi longitudinali, come nel 5° e 4° Sistema, rilegate a travi trasversali poste alla stessa distanza reciproca dei sistemi ora indicati, e sulle quali, a due a due successivamente s'appoggiano e s'impostano delle volte a botte costruite in mattoni, con grossezza uniforme ed eguale alla massima o alla media dimensione del mattone, e con la monta dell'1/8 o del 1/10 della loro corda, che è la distanza fra due travi successive. Queste volte si riempiono nei timpani di calcestruzzo magro, e si ricoprono con una cappa impermeabile all'acqua. Su di esse poi si stabiliscono le rotaie per quelle vie che il ponte ha da sostenere.

Questo sistema d'impalcatura è anche conosciuto per *sistema d'impalcatura con coperta pesante*, intendendo per coperte leggere tutte quelle adottate per gli altri sistemi.

La figura 242<sup>a</sup> rappresenta una sezione longitudinale d'un ponte con impalcatura del 6° Sistema.

Da un raffronto sui varii sistemi, e in base anche all'esperienza dei medesimi, si può concludere che sono a preferirsi i primi tre agli altri sistemi, l'ultimo dei quali è ancora poco usato preferendosi quasi sempre le coperture leggere. In Milano, e precisamente nel sottopassaggio al bastione all'estremità della via Principe Umberto, v'ha un esempio d'impalcatura con coperta pesante. I sistemi 4° e 5° consumano molto ferro, richiedendo maggiori dimensioni nelle travi trasversali, causa la distanza che esiste, massimamente nel 5°, fra le travi longitudinali che sono il primo sostegno dell'impalcatura. Anche fra i primi però sono a preferirsi al 2°, il 1° e il 3°, essendo il 2° poco economico, e riuscendo d'un peso maggiore agli altri due, massimamente nelle portate grandi dai 6 ai 10 metri.

924. PONTI A TRAVATE RETTILINEE DI GRANDE PORTATA. — Questi ponti ebbero origine in Inghilterra con travi tubolari o cellulari e per portate di 70 e di 140 metri, come ebbi già a ricordare per il ponte *Britannia*.

Le travi erano a pareti verticali piene, e formate con lamine di ferro e cerniere o ferri d'angolo, come indicai già al paragrafo 619, *Libro Quinto*.

*Roberto Stephenson* che primo ideò e costruì i ponti tubulari, e per ferrovie a due binarii, usò due tubi sostenuti ciascuno da due travi distinte, e in ciascuno dei quali stabilì un binario che rimaneva isolato e indipendente dall'altro, come indipendenti rimanevano i due tubi.

Il sistema dello *Stephenson* però ha subito di presente delle modificazioni notevolissime. Alle pareti verticali piene si sostituirono le pareti a graticcio assai più leggiere e favorevoli all'aspetto, come più favorevoli alla luce nello interno dei tubi.

All'indipendenza e isolamento dei due binarii, procurati dalle quattro travi che riposavano sulle pile e sulle spalle, e alle quali si collegavano le quattro pareti verticali piene, si sostituì la solidarietà degli stessi binarii, raggiunta prima a mezzo della surrogazione di una sola trave alle due travi mediane delle quattro travi impiegate dallo *Stephenson*; indi, e di presente, a mezzo di due sole travi longitudinali poste in sulle fronti del ponte. E quantunque non sieno mancati i sostenitori del completo sistema dello *Stephenson*, e fra gli ingegneri di lui conterranei e fra gli ingegneri annoverati in particolar modo, stimando che le stesse travi sopportassero simmetricamente gli sforzi a cui erano sottoposte, e prendessero perciò appunto eguali saette di flessione; pure di presente e in vista massimamente della solidarietà delle vie, quando la strada sopportata dal ponte fosse a due binarii, la maggior parte dei costruttori adottano il sistema delle due travi longitudinali poste alla estremità della larghezza del ponte e con le pareti a graticcio.

Stabilito il sistema di costruzione per riguardo al numero delle travi, s'affacciò ai costruttori un altro problema a risolvere, quello cioè riguardante la posizione che ha da avere l'impalcatura del ponte per riguardo alle travi; se cioè nella loro parte superiore, nella parte mediana e nella parte inferiore.

Tutte e tre queste differenti posizioni del palco del ponte sostenente il suolo stradale, hanno esempi in Italia e fuori, e la scelta di essa, dipende, come pur appare a prima vista, da condizioni speciali, e più particolarmente dai profili delle strade, segnatamente se ferrate, e le quali anzichè permettere una scelta obbligano il più delle volte ad una posizione prestabilita. In generale, la posizione dell'impalcatura nella parte superiore delle travi longitudinali conviene in singolar modo quando il ponte ha una portata mediocre, ed è considerevole l'altezza del suolo stradale a petto dell'altezza delle massime piene del fiume a traversare, e fino però al limite di m. 4 a m. 4,20 nell'altezza delle travi.

La posizione dell'impalcatura nella parte mediana delle travi, conviene quando le travi sono di una mediocre altezza, e non hanno bisogno di un doppio concatenamento in alto e in basso. Infine la posizione dell'impalcatura nella parte inferiore delle travi, conviene per le grandi aperture, e quando si può dare alle travi longitudinali tale altezza da lasciare verticalmente uno spazio libero di m. 4 a m. 4,50 fra il livello delle rotaie e le tavole superiori che formano il cielo delle travi.

Quanto è a raggiungersi però, qualunque sia la posizione dell'impalcatura, è il miglior collegamento di tutte le travi del ponte, e singolarmente delle travi longitudinali. Le figure 243<sup>a</sup>, 244<sup>a</sup> e 245<sup>a</sup> offrono un'idea delle tre differenti posizioni ora indicate dell'impalcatura. A parte i molti esempi che potrei citare di queste differenti posizioni adottate pei ponti costruiti nelle estere nazioni, mi limito a ricordare i pochi esempi che conosco in Italia. Il ponte a travate rettilinee in ferro costruito sul torrente *Cervaro* sulla via ferrata Bovino-Ariano, ha l'impalcatura nella parte superiore delle travi. I due ponti costruiti sul torrente *Miscano* per la via ferrata Ariano-Benevento, hanno l'impalcatura nella parte media delle travi. Infine i tre ponti sul Po l'uno presso *Piacenza* per la linea Milano-Bologna, l'altro presso *Mezzana-Corti* per la linea Brescia-Voghera, e il terzo a *Pontelagoscuro*, hanno l'impalcatura nella parte inferiore delle travi.

925. COSTRUZIONE DELL'IMPALCATURA DEI PONTI A TRAVATE RETTILINEE DI GRAN PORTATA. — La costruzione dell'impalcatura di questi ponti varia secondo che essi si costruiscono per via carreggiabile o per via ferrata.

Nel primo caso, scelta la posizione che deve avere l'impalcatura, se cioè alla parte superiore, media, o inferiore delle travi, o si adoperano travi trasversali alla lunghezza del ponte, o distanti reciprocamente per non più di m. 0,50, collegandole alle travi longitudinali; oppure si pongono queste alla distanza di m. 0,30 a m. 0,50 e si collegano con esse delle travi longitudinali secondarie poste parallelamente alle travi longitudinali principali, per formare così coll'uno o coll'altro metodo la prima orditura del palco del ponte. Questo poi si costruisce con due coperte di tavoloni, come accennai per il palco e per il suolo stradale dei ponti di piccola portata per strade ordinarie, paragr. 921. Quando invece l'impalcatura ha da sostenere il suolo d'una strada ferrata, essa si costruisce collegando prima le travi longitudinali con travi trasversali distanti fra loro per non meno di m. 1 a m. 1,20; collocando quindi, e di sotto alla posizione delle rotaie, dei longoni o correnti di ferro, ossia altre travi longitudinali per così far da esse sostenere le longarine di legname a cui sono infisse le rotaie; e formando infine la coperta del ponte o con un tavolato di legname avente i tavoloni grossi per m. 0,04, che poi si riveste d'uno strato di *ballast* alto da m. 0,06 a m. 0,10; oppure con lamiere o piastre di ghisa che si collegano con chiodature alle travi tutte che formano l'orditura e il sostegno dell'impalcatura.

926. DIMENSIONI DELLE DIFFERENTI TRAVI CHE COMPONGONO L'IMPALCATURA DEI PONTI A TRAVATE RETTILINEE DI PICCOLA PORTATA. — Conseguente al compito elementare di quest'opera, limito lo studio delle dimensioni delle travi che compongono l'impalcatura dei ponti in ferro a

travate rettilinee, alle sole travi, longitudinali e trasversali dei ponti per piccola portata.

In generale le dimensioni delle stesse travi, intendendosi tutte siccome appoggiate ai loro estremi e gravate uniformemente per tutta la lunghezza, si determinano a mezzo della già nota relazione  $\frac{FL^3}{8} = \frac{RI}{d}$ , e nella quale F rappresenta il peso per metro lineare di cui sono le differenti travi gravate per la loro posizione; peso che per alcuni si limita al solo carico permanente, per altri al permanente e all'accidentale di cui possono essere differientemente gravate, secondo che la strada che sostengono è ordinaria o ferrata. L'altezza poi delle stesse travi varia coll'ufficio, col numero di esse, col carico che sopportano, e col genere di via non solo, ma anche col numero dei binarii nel caso di ferrovie.

In generale l'altezza delle travi trasversali dipende sempre da quella stabilita precedentemente per le travi longitudinali. Queste poi quando sostengono il suolo d'una strada ordinaria o carreggiabile soglionsi tenere alte fra m. 0,25 a m. 0,60 se sono più di due; e dai m. 0,50 ai m. 1,10 se sono solamente due. Quando invece sostengono il suolo d'una via ferrata, la loro altezza è dai m. 0,30 ai m. 0,90 se l'impalcatura appartiene al primo sistema; dai m. 0,25 ai m. 0,60 se appartiene al secondo e al terzo sistema; dai m. 0,60 ai m. 1,20 se appartiene al 4° e al 5°; e infine per il sesto sistema dovranno avere un'altezza eguale all'altezza che raggiunge la somma della monta delle vòlte, della loro grossezza, e della grossezza dello strato di *ballast* che ricopre le vòlte stesse e la strada.

927. CARICO DA CUI SONO GRAVATI I PONTI IN FERRO A TRAVATE RETTILINEE DI PICCOLA PORTATA. — Anche il carico da cui sono gravati questi ponti distinguesi in permanente e accidentale. Il primo è dato dal peso corrispondente alle parti tutte, travi e coperta, che formano l'impalcatura del ponte.

Il secondo, ossia il carico accidentale varia secondo che l'impalcatura medesima sostiene una via ordinaria o ferrata. Nel primo caso suolsi, e per le osservazioni fatte al paragrafo 906 valutare il carico accidentale in ragione di 400 a 600 chilogrammi per metro quadrato di superficie carreggiabile, e di 200 a 400 chilogrammi per metro quadrato della superficie dei marciapiedi.

Nel secondo, ossia quando insiste sul ponte una via ferrata, i sovraccarichi che gravitano sulle travi longitudinali e trasversali che sostengono l'impalcatura del ponte, e per ogni metro corrente di ferrovia ad un binario si adottano quali vennero indicati dalla tabella dello stesso paragr. 906 pei ponti in legno a travate rettilinee.

Quanto è da avvertirsi per riguardo al peso che gravita sulle differenti travi dei ponti in ferro, si è che il peso stesso non superi mai i 4. e al massimo i 6 chilogrammi per millimetro quadrato della sezione retta delle stesse travi.

928. COLLOCAMENTO DELLE TRAVI LONGITUDINALI DEI PONTI A TRAVATE RETTILINEE SULLE SPALLE. — In causa alle dilatazioni a cui ponno essere obbligate queste travi, soglionsi esse d'ordinario collegare a placche di ghisa che riposano immediatamente su d'un rullo o un sistema o treno di rulli, i quali obbligati dalla pressione che sopportano dalle travi, scorrono avanti e indietro su altre placche egualmente di ghisa, fermate prima e invariabilmente sulla testa d'ogni spalla o piedritto d'appoggio. Le placche hanno una grossezza variabile fra m. 0,08 e m. 0,10, e perchè s'ottenga perfetto contatto fra le placche e i rulli, ossia perchè le travi appoggino più perfettamente sui rulli stessi, usansi dei cunei o zeppe di ferro inserite nell'una o nell'altra delle due placche summenzionate. D'ordinario poi, e siccome il centro di pressione che proviene dalla trave sulla spalla, trovasi intermedio fra il lembo più lontano del treno dei rulli, e il più prossimo al paramento del piedritto, ossia della spalla, per cui questa non è gravata uniformemente, ma sibbene maggiormente verso il suo paramento, così e ad evitare verso il medesimo la maggior pressione, suolsi lasciare un gradino fra lo stesso paramento ed il lembo esterno, o prossimo della placca inferiore (1).

929. PONTI IN FERRO AD ARCO. — Avvisai già che questi ponti si possono costruire con l'arco sottostante alla carriera stradale, oppure con l'arco soprastante, come sono gli archi *Bow-Strings*.

I primi ponti ad archi metallici sono stati costruiti di ghisa in Inghilterra. Non si tosto però si conobbe la possibilità di foggare le lamiere chiodate con ferri speciali ad archi di gran corda, gli archi metallici furono anche costruiti in ferro.

La facilità quindi di costruire gli archi metallici con grandi corde, come lo dimostra il ponte di *Wearmouth* in Inghilterra che ha 71 metri di corda, e il ponte San Luigi a Parigi che ha la corda di 64 m., e con qualunque obblività dell'asse del ponte sul filone del corso d'acqua, la rapidità di loro esecuzione, e il minor peso che per essi gravita sui piedritti d'appoggio, ossia sulle spalle, li ha fatti sempre mai preferire

---

(1) Comunque mi sia studiato di raggiungere il meglio possibile la brevità e la chiarezza nel descrivere la costruzione dei ponti in ferro a travate rettilinee di piccola e di grande portata, puro e per il dubbio di esservi riuscito e per il desiderio di giovar sempre agli allievi dei tecnici Istituti, amerò che il Ministero d'Agricoltura, e i Consigli provinciali stabilissero annualmente una somma bastevole a compiere una gita di studio di quelle opere d'arte che presentano le località più prossime agli Istituti tecnici che avranno la sezione industriale. Lo studio pratico e la visita alle opere d'arte, risparmiano molte lezioni all'insegnante con profitto centuplicato per parte degli allievi.



ai ponti in muratura. L'insufficienza poi che si otterrebbe della luce libera del ponte con ponti a travate rettilinee, allorquando il livello delle strade che vi hanno accesso fosse invariabile, e l'eleganza e la magnificenza che possono addimostrare i ponti arcuati metallici, particolarmente se in ghisa, ove dovessero costruirsi in località o in città cospicue per monumenti d'arte, fanno preferire i ponti arcuati metallici agli stessi ponti in ferro a travate rettilinee.

La preferenza del metallo, però, ghisa o ferro, è ancora indecisa; vogliasi dal lato dell'economia, vogliasi da quello della resistenza. Entrambi i metalli hanno partigiani; e per la ghisa stanno gl'inglesi particolarmente per ciò che riguarda la sua maggior resistenza alla compressione.

Lo stesso *Polonceau*, antico e distinto allievo della scuola centrale di Parigi, e al quale debbe la moderna arte le bellissime e sode incavallature del suo nome, quantunque in dissonanza la sua opinione coi grandi ponti in ferro costruiti da non pochi anni in Francia, e nella stessa Parigi, afferma che per gli archi dei ponti fissi che debbono resistere soprattutto alle pressioni, la ghisa siccome metallo più rigido è a preferirsi al ferro duttile. La supposizione poi che lo stesso ferro debba deteriorare in causa alle vibrazioni che riceve, supposizione che viene alimentata dal deterioramento che si riscontra sugli assi delle vetture e dei vagoni, e i quali rimangono inetti all'uso cui furono destinati dopo aver percorso 60,000 chilometri, è causa notevole alla preferenza della ghisa nella costruzione dei ponti arcuati in metallo.

Alla ghisa però, i partigiani del ferro oppongono la sua fragilità sotto l'azione delle scosse; fragilità che si stima possa aumentare in causa delle vibrazioni che la ghisa sopporta per il passaggio dei carichi, e che dalla tessitura propria alla ghisa bigia, la riducono alla tessitura della ghisa bianca; i vacui o le bolle che le gettate dei grossi pezzi possono racchiudere in causa all'ineguaglianza nel raffreddamento, e che se sono nascosti possono arrecare dei danni notevolissimi; infine sta, e si accampa contro la ghisa, la maggior economia nell'adoperare il ferro, il quale qualunque abbia un prezzo doppio della ghisa, pure è sempre preferibile e perchè richiede una quantità di metallo inferiore di molto alla metà del volume o della quantità di ghisa necessaria per una eguale travata, e perchè obbliga a dimensioni minori nei piedritti d'appoggio ossia nelle spalle.

930 PONTI AD ARCO IN GHISA. — Per la brevità che mi sono imposto e per lo scopo dell'opera, limito lo studio dei ponti ad arco in metallo alla descrizione più breve che mi possa dei ponti ad arco in ghisa, per quelli ad arco sottostante alla carriera, e dei ponti a *Bow-Strings* del primo tipo per quelli ad arco soprastante alla carriera. Ora i ponti in

ghisa si costruiscono o fondendo l'arco in un sol pezzo, se la sua portata è tale da non far raggiungere il peso di 3 a 4 mila chilogrammi, dacchè oltre la difficoltà della buona riuscita della fusione senza vacui o altri difetti, v'è anche la malagevolezza di poter collocare in opera un peso tanto considerevole; oppure in cunei di 4 o 5 metri di lunghezza per diminuire il numero delle congiunzioni, e con sezione piena e a forma di doppio T. I cunei si collocano a posto con le faccie di giuntura ben piallate, collegandoli reciprocamente nel miglior modo possibile, e rinforzandoli di tratto in tratto con nervature trasversali. La costruzione degli archi in ghisa richiede una centina o un'armatura per sostenere i cunei fino al collocamento della chiave, come gli archi e le volte in muratura senza però il manto continuo, bastando sostenere gli archi in corrispondenza delle faccie di congiunzione.

Gli archi di piccola apertura s'appoggiano ai piedritti o con superficie metalliche assai ampie con cui vengono terminati, oppure insistendo sopra cuscinetti di ghisa che trasmettono le pressioni da un'arcata alle laterali; se sono invece di grande apertura riposano sui piedritti a mezzo di placche metalliche, situate fra le pietre d'imposta ed i cunei d'imposta degli stessi archi, e contro le quali si stringono gli archi, dopo il congiungimento dei cunei, con deboli percosse fino al perfetto contatto.

Quando le arcate in ghisa servono per ponti obliqui, le imposte sono formate da nicchie di pianta triangolare che racchiudono le estremità degli archi, mentre questi s'impostano dentro le stesse nicchie in piani normali ai piani verticali degli stessi archi.

Sovra gli archi sonovi i timpani, anch'essi di ferro fuso, e solidamente congiunti agli archi stessi quando non siano fusi assieme a questi, particolarmente se di piccole dimensioni. Ai timpani sovrastanno le travi che sostengono l'impalcatura del ponte, e la quale o è in legname, o è in ghisa, ma costruita sempre per modo da rispondere alla via che deve sostenere. La fig. 246<sup>a</sup> offre l'idea d'un ponte con arcate di ghisa.

931. PONTI CON ARCHI A BOW-STRINGS. — Dissi già che questi archi potevano costruirsi sotto tre sistemi differenti, distinti dalla catena o corda che viene usata, e se cioè se rettilinea, curvilinea o poligonale. Io mi limito però a una descrizione brevissima dell'arco *Bow-Strings* con corda rettilinea, e perchè il più usato, e perchè con esso posso offrire un'idea abbastanza chiara di siffatto genere d'archi, senza mancare alla brevità che m'impone lo scopo dell'opera.

Questi archi furono inventati allo scopo di meglio collegare l'arco all'impalcatura, e trasmettere la pressione che questa sopporta a maggiori punti dell'arco. Il collegamento fra l'arco e la corda si ottiene con mon-

tanti verticali e croci semplici di Sant'Andrea. L'arco è parabolico e costruito con lamiere di ferro e ferri speciali chiodati a ribadimento. Ogni ponte ha due di siffatti archi disposti alle estremità della larghezza del ponte, e conseguentemente paralleli alla carriera stradale. I tiranti poi o le corde degli archi, sostengono l'impalcatura del ponte formata con travi trasversali alla larghezza di esso, e con un doppio tavolato se il ponte è destinato a sostenere il suolo d'una strada ordinaria; oppure con longoni o correnti di ferro posti trasversalmente alle travi trasversali e ad esse collegate con chiodature e con longarine in legname a cui sono infisse le rotaie, le quali si pongono sopra i longoni medesimi, nel caso debba sostenere una via ferrata. Quest'orditura poi si ricopre o con coperta di legname rivestito con sostanze idrofughe e sostenente uno strato di *ballast*, oppure con lamine, o piastre di ghisa come accennai per l'impalcatura dei ponti in ferro a travate rettilinee. La figura 247<sup>a</sup> offre l'idea d'un ponte ad arco *Bow-Strings*.

932. PONTI IN FERRO SOSPELI. — CONSIDERAZIONI GENERALI. — Comunque antichissima l'origine di questi ponti, e in ferro, e ancora in corde, comunque la costruzione loro accenni ad un'industria più perfezionata di quello non sia l'erezione dei ponti in muratura per attraversare grandi corsi d'acqua, o scoscese valli, pure di presente s'addebitano ad essi tanti e così segnalati difetti, particolarmente per congiungere due tronchi di ferrovia, che è rarissima a' giorni nostri la costruzione di uno di questi ponti; e moltissimi dei trattatisti moderni, fra i quali è a ricordarsi loevolmente il prof. *Curioni*, tralasciano, nelle loro opere, di accennare in qualunque modo ad essi.

Rispondono è vero a questi ponti notevoli vantaggi, massimamente avuto riguardo alla limitata ampiezza degli archi in muratura, alla possibilità di congiungere due punti senza pile intermedie che sostengano travate in legname o in ferro, e all'economia che risponde al sistema; però non sono tali da vincere i difetti che vi si notarono, e fra i quali ricordo la facilità dell'ossidazione, e la quale obbliga a continui ripari, e ad osservazioni frequenti per ovviare ai danni che potrebbero avvenire particolarmente nelle parti sotterrate delle catene; la loro leggerezza e la mutabilità della curva d'equilibrio sotto l'azione d'un sopraccarico che scorre sull'impalcatura sostenuta dalla catena per cui li rende inetti a sostenere il suolo d'una strada ferrata, e anche d'una strada ordinaria di attiva circolazione; e infine le vibrazioni che vi cagiona il vento, e che spesso distruggono anche il ponte, come è avvenuto al ponte di *Welling* negli Stati Uniti d'America (1).

(1) Più arditi degli Europei, gli Americani hanno parecchi ponti sospesi sui quali sono stabilite delle vie ferrate anche a due binarii. Fra questi io ricordo i due ponti costruiti dal *Reebing*, uno sul

Impegnato però allo studio di questi ponti dal programma dell'opera che pubblicai nell'avvertenza che la precede, mi propongo di attendere alla promessa colla maggior brevità che mi sarà possibile.

E primieramente i ponti pensili o sospesi si costruiscono sotto due principali conformazioni, che possono dirsi anche sistemi differenti.

La prima ha le catene assicurate a due punti fissi, e su di esse si appoggia il palco a mezzo di tiranti verticali che lo tengono sospeso, e come dimostra la fig. 248<sup>a</sup>. La seconda conformazione invece ha il palco sostenuto in tanti punti regolarmente distribuiti sulla sua lunghezza da altrettanti tratti di catena che si partono da due punti fissi, e come dimostra la fig. 249<sup>a</sup>. Comunque la seconda conformazione presenti un sistema più rigido ed invariabile, pure la prima conformazione è stata sempre più adottata.

933. PARTI DI CUI COMPONESI UN PONTE SOSPESO. — Le parti di cui componesi un ponte sospeso sono tre, e cioè le *catene*, i *tiranti verticali* e l'*impalcatura*.

Le catene, che diconsi anche *funi di sospensione* o di *sostegno*, perchè per esse e da esse è sospesa e sostenuta l'impalcatura, sono di ferro, e d'ordinario foggiate a gomene formate da fili di ferro aggiunti in continuazione gli uni degli altri, grossi da 2 a 3 millimetri, e galvanizzati per così ovviare ai danni dell'ossidazione. Esse d'ordinario sono in numero di due, e poste ciascuna in direzione della lunghezza del ponte, e alle estremità della larghezza. Possono però anche essere in numero maggiore, secondo la lunghezza del ponte e i carichi che vi debbono circolare, e poste alcune alle stesse estremità della larghezza del ponte, altre, o anche una sola, nel mezzo della stessa larghezza se questa fosse notevole. Di presente, e nelle grandi portate, le catene si fanno con fili d'acciaio.

I tiranti verticali si fanno con sbarre rotonde di ferro, ma più spesso ancora con gomene di fili di ferro galvanizzati, e come le catene. Essi si pongono all'eguale distanza fra di loro, si attaccano superiormente alle catene a mezzo di staffe o groppiere, e si fanno d'una sezione retta tale che per essa possano resistere alle trazioni provenienti dal carico permanente e dal massimo carico accidentale.

L'impalcatura finalmente consta di tre diverse parti, quali sono, le *traverse*, il *tavolato* e i *parapetti*.

Le traverse sono in legno o in metallo, e sono sostenute orizzontalmente dai tiranti a mezzo di staffe o groppiere che questi hanno nella parte inferiore. Il tavolo è costituito da due coperte di tavoloni, rivestiti particolarmente i primi, d'una sostanza idrofuga per ovviare ai danni

---

*Kentucky* della portata di 367 metri, l'altro sul *Niagara* di 246 metri, e al quale sostiene contemporaneamente una via ferrata e una via ordinaria.

dell'umidità. I parapetti infine sono in legno o in ferro, e formati ordinariamente da montanti verticali riuniti da croci semplici di Sant'Andrea. Nelle grandi portate i parapetti formano dei travi a graticcio che valgono a sempre più irrigidire la travata, aumentandone la resistenza ed attenuandone le flessioni.

934. COSTRUTTURA DEI PONTI SOSPESI. — Conoscute le parti di cui si compongono i ponti sospesi, è bene conoscere la loro costruzione. E prima di tutto delle pile e delle spalle, ossia dei piedritti d'appoggio, nei quali è d'uopo considerare la parte sottostante al tavolo, e la parte sovrastante. La prima è costruita come per le pile e spalle dei ponti in muratura; la seconda è necessario costruirla con maggior cura e solidità maggiore, dovendo essa ricevere nella parte superiore l'arco a cui si dispone la catena. In generale si usa di tratto in tratto, di collocare in questa parte superiore dei piedritti, delle grandi pietre squadrate che occupano tutta la superficie d'un corso orizzontale a fine di ripartire uniformemente la pressione. Le catene si appoggiano e si racchiudono entro cuscinetti di ghisa collegati alla parte superiore dei piedritti d'appoggio a mezzo di sbarre di ferro divergenti che penetrano nello stesso piedritto e per diversi corsi orizzontali di pietre. Lo scopo di questi cuscinetti è non solo di trasmettere sulla muratura la pressione proveniente dall'impalcatura e dai pesi accidentali che gravitano su di essa, essendo l'impalcatura sostenuta dalla catena, ma di permettere alle catene medesime i moti leggeri cagionati dalle tensioni e dalla temperatura, senza che esse striscino sugli appoggi medesimi. D'ordinario questi moti sono facilitati da un certo numero di rulli di frizione, fatti di ghisa, e i quali scorrono fra due placche pure di ghisa, arcuate concentricamente a contatto dei rulli; e l'inferiore delle quali s'appoggia alla vetta del piedritto d'appoggio, la superiore riceve le gomene, e costringe i rulli a muoversi alcun poco, avanti o indietro, per obbedire alle tensioni e alle variazioni di temperatura cui dianzi accennai.

In generale i piedritti ai quali si appoggiano le catene, si collegano alla vetta con archi o travi metalliche al disotto dei quali ha luogo il transito sul ponte; e ciò affine d'impedire una possibile deviazione trasversale degli stessi piedritti.

Le estremità delle catene si fissano nel terreno con mezzi differentissimi, e sia ripiegando verticalmente le catene dentro a dei pozzi murati, e fissandole contro le murature; sia prolungandole senza deviazione, o con deviazione leggiera, per poi immetterle in un canale di muratura costruito sotto terra, e fermarle in fondo allo stesso canale.

Quando le catene si affondano verticalmente, e il ponte sospeso è di mediocre portata, può bastare contro la trazione di esse la resistenza che

oppongono le murature col loro peso; quando s'affondano invece obliquamente, è d'uopo che le murature a cui si fermano le estremità delle catene, si uniscano prima alle spalle del ponte con volte o con massi continui di muratura posti nei piani verticali delle catene. Queste poi sono munite ai loro estremi di staffe o groppiere entro le quali passano delle sbarre di ghisa o di ferro che distribuiscono la pressione che ricevono, sopra pietre da taglio di grandi dimensioni poste in fondo ai pozzi o canali, o sopra placche di ghisa che sono esse stesse a contatto colle murature. È poi importante che si possano visitare i punti d'unione che diconsi anche *punti d'ammarraggio* delle catene, o con pozzi verticali o con aperture laterali che diano accesso ai medesimi. La figura 250<sup>a</sup> presenta un ponte sospeso del tipo il più comune, e chiaramente vedesi il metodo d'ammarraggio tenuto in esso per l'estremo della catena.

935. CARICO CHE GRAVITA SUI PONTI PENSILI. — Il carico che gravita sui ponti pensili distingue pure in due parti, permanente e accidentale. Il primo è dato dal peso della catena, dei tiranti e dell'impalcatura. Il secondo poi è d'uopo non sorpassi alcuni limiti, e d'ordinario si valuta in tre persone per ogni metro quadrato del palco, e quindi un peso di 190 a 210 chilogrammi a metro quadrato (1).

## LIBRO NONO.

### Strade ordinarie e ferrate.

#### CAPITOLO I.

#### Strade ordinarie.

936. CONSIDERAZIONI GENERALI E DISTINZIONE DELLE STRADE. — Dicesi strada quella porzione di suolo naturale, preparata a modo da facilitare i trasporti e le comunicazioni fra due o più punti d'una data regione, relativamente ai mezzi adoperati per effettuare i trasporti e le comunicazioni.

Da ciò la prima distinzione delle strade in *ordinarie* o *carreggiabili*, e *ferrate*, secondo che i trasporti si effettuano in esse o a mezzo di ani-

(1) Nei ponti sospesi sono più grandi le oscillazioni prodotte nell'impalcatura dal passaggio d'un considerevole numero di pedoni o di animali, di quello non siano le oscillazioni prodottesi dal passaggio d'un convoglio di via ferrata. È perciò che i reggimenti in marcia che debbono attraversare dei ponti sospesi, passano sui ponti in compagnie di 80 o 100 uomini. Gli animali non è bene si facciano passare che a 20 per volta.

malì e di veicoli da essi condotti, o a mezzo di locomotive o di animali che conducono veicoli le cui ruote scorrono su due barre o guide di ferro stabilmente posate sul terreno.

Le prime poi, ossia le ordinarie si suddividono in *selciate*, *lastricate*, e *inghiaiate*, secondo che in esse il suolo è ricoperto da ciottoli naturali, o da lastre o pietre convenientemente preparate, ma gli uni e le altre poste in opera il più solidamente che sia possibile; oppure infine da ghiaia, o da rottami di ciottoli o pietrisco. Alle prime due, isolatamente o anche combinate alternativamente in lunghe porzioni di strada, per così formare i marciapiedi e le rotaie, o i marciapiedi e la carreggiata, s'appartengono le strade delle città le più popolate. Alla terza le strade del forese delle stesse città, e tutte le strade ordinarie che mettono in comunicazione le differenti città d'una provincia o d'una nazione.

Un'altra distinzione delle strade ordinarie è la classificazione che di esse fa la legge in tutte le nazioni incivilite in base all'importanza delle strade, e all'ente morale che le ha costruite, e che ha l'obbligo della manutenzione. Attenendomi alla classificazione italiana, le strade sono per legge distinte: in

*Nazionali* quelle che congiungono direttamente parecchie città principali del Regno, o queste coi più vicini porti commerciali di prima classe dello stesso Regno, o colle grandi linee stradali degli Stati limitrofi; le grandi linee che attraversano le Alpi e gli Appennini; e infine quelle che hanno uno scopo esclusivamente militare. La stessa legge però avverte che non può essere nazionale quella strada che congiunge due punti del territorio i quali siano collegati da una ferrovia; e cessano dall'esser tale quella strada, e al principio dell'anno solare immediatamente successivo a quello in cui fu costruita una ferrovia, quando gli stessi punti che essa prima congiungeva, venissero ad esserlo anche con una via ferrata (1).

*Provinciali*, quelle che mettono in comunicazione diretta il capoluogo d'una provincia con quello delle provincie limitrofe, o quello coi capoluoghi di circondario della stessa provincia; che collegano i capoluoghi di provincia o di circondario coi vicini porti marittimi i più importanti; infine, che mettendo capo a ferrovie, a strade nazionali, o a un capoluogo di circondario della stessa o d'altra provincia, si riconoscano di molta importanza per le relazioni industriali, commerciali od agricole d'una provincia e della sua maggior parte (2).

---

(1) Veggasi la Legge 20 marzo 1865, sui lavori pubblici.

(2) Veggasi articolo 15 della Legge 21 giugno 1865.

*Comunali*, quelle necessarie per porre in comunicazione il maggior centro di popolazione d'una comunità col capo-luogo del rispettivo circondario, o con quelli dei comuni contigui; quelle che sono nell'interno dei luoghi abitati; quelle che dai maggiori centri di popolazione conducono alle rispettive chiese parrocchiali, ai cimiteri, o alle ferrovie o porti di mare, sia direttamente, sia collegandosi ad altre strade esistenti; e quelle infine che servono a riunire fra loro le più importanti frazioni d'un comune.

*Vicinali* infine, sono tutte le altre strade che non trovansi iscritte nelle categorie precedenti, e che sono soggette a servitù pubblica.

Riservandomi al Capitolo seguente ad indicare la distinzione delle strade ferrate, m'occupo di presente della costruzione delle strade ordinarie, le quali se per una parte hanno perduto alquanto d'importanza dappoi l'invenzione delle vie ferrate, pure conservano ancora imperiosissima la loro ragione d'essere, sia perchè le vie ferrate non sono possibili in tutte le località e sotto qualunque limite di traffico o commercio, richiedendo esse grandi spese di manutenzione e locomozione; sia per il sussidio che le vie ordinarie prestano alle vie ferrate portando a queste l'attività e il commercio d'una intera regione, nella quale non possono certo internarsi, e per ogni dove, le vie ferrate.

937. PARTI DI CUI SI COMPONE UNA VIA ORDINARIA. — Le parti di cui si compone una strada ordinaria si distinguono in principali ed accessorie. Le principali sono la *carreggiata*, i *marciapiedi* o le *banchine*, e i *fossi laterali*. Queste però fino a che la strada sia in pianura, ove fosse in montagna, a mezza costa, o sopra un rialzo o riporto di terra, occorre spesso la costruzione d'un muro di sostegno, il quale è allora parte principale della strada medesima; valendo esso o a sostenere le terre sovrastanti alla strada quando alle medesime non possa darsi la scarpa naturale, senza scavazione delle stesse terre con dispendio maggiore di quanto comporta la costruzione del muro; o per sostenere il terrapieno delle stesse strade ove siano fiancheggiate da fiumi o torrenti, o dove non possa stabilirsi lo stesso terrapieno con la scarpa naturale delle terre che lo formano.

La *carreggiata* è la parte di mezzo della strada, e quella ove si effettua il transito dei veicoli. Essa è costruita diversamente, come dissi già, secondo la località della strada, e secondo il materiale di cui puossi far uso senza gran dispendio, come avvertirò in apposito paragrafo.

I *marciapiedi* o *banchine* servono al transito dei pedoni, e a luogo di deposito dei materiali destinati alla manutenzione della strada. Allora quando però la *carreggiata* offra una larghezza sufficiente ai bisogni dei trasporti e del transito che vi si effettuano, i *marciapiedi* si possono



sopprimere, bastando solo di tratto in tratto di formare delle piazzette allo scopo semplicemente di depositare in esse i materiali occorrenti alla cura e manutenzione della strada.

Nelle strade esterne i marciapiedi sono sistemati con ghiaia naturale e con sabbia superiormente alla ghiaia. Nelle strade interne invece, o si fanno con lastre di pietra viva, o con mattoni posti in coltello, o con selciatura di minuti sassi sostenuta lateralmente da una linea di pezzi di pietra naturale, o infine d'asfalto.

I fossi infine servono a raccogliere le acque piovane che cadono sulla strada, per indi poi riversarle a mezzo di altri fossi detti scaricatori, o nei terreni adiacenti, o in appositi recipienti.

Delle dimensioni di queste tre parti dirò nel seguente paragrafo, ove accennerò alla larghezza della strada.

Per ciò poi che riguarda i muri di sostegno, mi riferisco a quanto ho detto di essi nel *Libro Settimo*.

Le parti accessorie, e alcune delle quali servono d'abbellimento, mentre altre valgono alla sicurezza e comodità delle strade, sono i *paracarri*, i *parapetti*, le *piantagioni*, le *case cantoniere*, le *paravallanghe*, le *pietre migliarie*, le *colonne indicatrici*, le *fontane* e gli *abbeveratoi*.

I paracarri sono cilindri, o parallelepipedi in pietra naturale dura e resistente, approfonditi nel terreno per 40 e 60 centimetri, sporgenti per 50 o 80 centimetri e tutti allineati secondo le linee estreme che limitano la carreggiata, alla distanza reciproca di m. 8 a m. 10, e distanti dal ciglio della strada per circa 1 metro. La loro grossezza è compresa fra m. 0,26 e m. 0,30, nella parte sporgente, e fra m. 0,28 e m. 0,32 nella parte approfondita.

I parapetti sono in muratura, alti per m. 0,80 a m. 1, grossi dai m. 0,60 ai m. 0,80 e spesso ricoperti da una pietra naturale terminata a superficie convessa per facilitare lo scolo delle acque. Spesso ai parapetti si sostituiscono le *barricate*, costruite diversamente in legno, oppure in pietra e legno, o anche in pietra e ferro. Le barricate in legno sono formate con piantane verticali squadrate, grosse da m. 0,18 a m. 0,20, distanti fra loro per circa m. 3, e tutte collegate da una trave, o capello, grossa pur essa egualmente alle piantane. Le barricate in pietra e legno sono formate da pilastri di pietra, grossi per m. 0,20 larghi per m. 0,25 e infissi nel terreno alla distanza reciproca di circa m. 2. Essi poi si collegano con una trave o capello grossa da m. 0,18 a 0,20. Infine le barricate in pietra e ferro sono anche esse formate da pilastri di pietra grossi per circa m. 0,20, infissi nel terreno alla distanza reciproca di circa 2 metri, e sporgenti per circa m. 1,10. Essi

poi sono collegati da spranghe di ferro a sezione quadrata con m. 0,035 di lato, poste con una diagonale della medesima sezione verticale, e infisse nei pilastrini alla base della trave o capello che ricuopre ciascuno di essi. Tanto i parapetti quanto i paracarri sono ripari pei pericoli reali ed apparenti che possono presentare le strade.

Le *pianlagioni* non sono da praticarsi che nelle strade larghe, e nelle strade dominate da venti, dacchè se per esse il viandante si ha una sicura guida nella strada nei mesi d'inverno, e nei quali le abbondanti nevi gli hanno fatto smarrire la sua direzione, e ombra e frescura nell'estate; pure non sono esse di vantaggio alla strada medesima impedendo l'evaporazione delle acque piovane cadute sulla carreggiata, e tenendovi in questa continuamente un'umidità che non può a lungo che danneggiarla.

È dunque dall'esame delle indicate circostanze che dovrà il costruttore giudicare dell'opportunità delle piantagioni, le quali hanno anche le essenze e le piante limitate. In generale le essenze le più adatte, sono la quercia, il pioppo, il platano, e l'ippocastano.

Le *case cantoniere* sono vere abitazioni per dimora dei custodi o cantonieri delle strade, e accompagnate da un porticato o da una vasta tettoia per riparo degli equipaggi che vi si potessero ricoverare per avaria di tempo. Esse si costruiscono a distanza reciproca di 3 in 5 chilometri, la quale poi nella custodia della strada, viene percorsa per metà da ciascuno dei cantonieri di due case successive.

Le case cantoniere poi si costruiscono in tutte quelle strade, che per lunghissimo tratto non attraversano piccoli o grandi centri di popolazione, nei quali qualunque casa può accomodarsi per compiere l'ufficio delle case cantoniere.

Le *paravallanghe* dette anche gallerie artificiali, sono porzioni di strada coperte con robusta volta di muratura, o con semplice legnauco, in quelle località soggette a scorrimenti, o ad accumulamento di nevi, prodotti dal disgelo o da nubi vorticosi di vento. Esse hanno da essere comode a modo da permettere libero il transito dei veicoli che percorrono la strada, e hanno da presentare una soda costruzione sia per ovviare alle infiltrazioni, sia per reggere all'urto delle nevi scorrenti.

Le *pietre miliarie*, sono segnali stabiliti lungo la via, costruiti in parallelepipedi di pietra naturale, e allo scopo di indicare ai viandanti lo spazio percorso, e quello che rimane a percorrere.

Le *colonne indicatrici*, sono pur esse segnali, ma per indicare la direzione delle differenti strade. Esse perciò si innalzano nei crocicchi di vie, e sono costruite a forma di colonna o pilastro, avente nelle faccie scolpito il nome della città, del comune o delle terre a cui sono dirette

le differenti diramazioni delle strade che ivi s'incontrano, segnando queste particolarmente, con frecce indicanti la vera direzione, per così non lasciare nel dubbio il viandante. All' uscita poi dell'abitato di alcuni centri di popolazione invece delle colonne indicatrici, si pratica di fare un'iscrizione sulla parete di qualche caseggiato, e nella quale sia indicato il nome del primo paese a cui conduce la strada che ha principio dalla nominata uscita, il circondario e la provincia cui appartiene.

Le *fontane* infine e gli *abbeveratoi* si fanno per comodo ed abbellimento della strada, in quelle località alquanto distanti dagli abitati ed alle quali acceda buona ed abbondante acqua.

938. LARGHEZZA DELLA STRADA. — La larghezza della strada è data dall'insieme delle sue tre parti principali, la carreggiata cioè, i marciapiedi ed i fossi, e varia secondo la classe cui s'appartiene, e la località in cui è stabilita.

In generale però essa è determinata in base al numero delle vetture, e delle persone a piedi che la percorrono, e all'importanza commerciale che essa può avere. Nelle strade di 1<sup>a</sup> classe, la larghezza suolsi tenere fra i 12 e i 14 metri, dando dagli 8 ai 10 metri alla carreggiata, e dai m. 0,75 ai m. 1,25 ai marciapiedi. Nelle strade poi provinciali e comunali la larghezza è limitata fra i metri 6 e gli 8 nelle prime, e fra i 4 e i 7 metri nelle seconde. In ciascuna di esse però la carreggiata è sempre quella da tenersi più larga, e da non farsi mai minore ai m. 3,50 nelle stesse strade di montagna.

Per riguardo alla larghezza dei fossi, e siccome essi si praticano a sezione di trapezio coi lati inclinati secondo la scarpa naturale delle terre, così la larghezza medesima varia in ragione del volume delle acque che essi possono raccogliere.

In generale però, e nelle strade nazionali, la larghezza massima di questi fossi è dai m. 1 ai m. 1,50, la larghezza minima e la profondità dai m. 0,40 ai m. 0,50; nelle strade comunali e provinciali la larghezza massima è dai m. 0,80 ai m. 1, la larghezza minima è dai m. 0,20 ai m. 0,30 e la profondità dai m. 0,30 ai m. 0,40.

D'ordinario questi fossi sono in numero di due, posti ciascuno, come dissi già, lateralmente alla strada; ma quando la strada è incassata ossia in trincea, e questa è alquanto alta, allora i fossi sono quattro, e disposti due a due lateralmente alla strada, e come mostra la fig. 251<sup>a</sup>. I fossi della trincea sono posti alla metà circa di sua altezza.

939. FORMA DELLA STRADA. — La forma della strada riguarda la forma del profilo della sua sezione trasversale. Ora questo profilo varia secondo che la strada è costruita in pianura oppure in montagna. In pianura la forma delle strade può essere a *schiena* o a *cuna*, come rappresentano

le due figure 252<sup>a</sup> e 253<sup>a</sup>, modificate meglio però colle curve a cui è conformata la carreggiata nelle stesse figure, affine di evitare l'angolo che forma lo scontro, nel mezzo della strada, delle inclinazioni laterali della strada medesima. Adottando la forma a schiena, usansi di fare canaletti intermedi alla carreggiata e ai marciapiedi per raccogliere le acque della carreggiata, e condurla nei fossi laterali alla strada; adottando invece la forma a cuna, le acque della carreggiata si raccolgono in un canaletto praticato nel mezzo della strada medesima. Entrambe queste due forme sono adatte per strade di città, e la forma a cuna particolarmente, quando nel mezzo della lunghezza della strada corrono i condotti ossia le chiaviche per tutta intera la città.

Non è raro che i marciapiedi, tanto nelle strade di città che nelle strade del forese, siano tenuti ad un livello superiore a quello della carreggiata. In simil caso l'acqua della carreggiata medesima, e nelle strade a schiena, o si scarica in condotti che passano sotto i marciapiedi e che hanno termine nei fossi della strada, oppure si scarica negli stessi canaletti che dianzi notai in queste strade e segnatamente per le strade del forese.

Un altro tipo per la forma delle strade in pianura è quello che ne viene rappresentata dalla fig. 254<sup>a</sup>. In essa la parte di mezzo è destinata ai pedoni e le due parti laterali al carreggio dei veicoli, i quali obbligati a seguire una via differente all'andata e al ritorno, non corrono pericolo di scontro alcuno. È a intendersi però che questo tipo non può avere che un'applicazione limitata e per la maggior larghezza di strada che richiede, e per le condizioni speciali dell'attivo commercio che lo reclamano.

Fra le due forme a schiena e a cuna è sempre a preferirsi quella a schiena; dacchè per essa, essendo i veicoli portati inverso i lati della strada dalla componente obliqua della gravità, si sfuggono gli scontri che la forma a cuna procura più facilmente.

Nelle strade di montagna, la forma del profilo della loro sezione trasversale è d'ordinario a tetto, inclinata cioè verso il lembo interno della stessa strada ossia verso la montagna, con un' inclinazione che indicherò nel paragrafo in cui dirò delle pendenze longitudinali e trasversali della strada, e come rappresenta la fig. 255<sup>a</sup>.

940. TRACCIAMENTO DELLE STRADE ORDINARIE, E NORME GENERALI PER DETERMINARE LA DIREZIONE DI ESSE. — La direzione d'una strada è data dalla posizione delle principali località che essa deve attraversare. D'ordinario però non ne è data che dai punti estremi che deve congiungere, per cui la scelta delle località da attraversare si deduce dalle condizioni del terreno, se in pianura cioè o in montagna; e da circostanze speciali per favorire il commercio dei principali punti d'una regione, o per soddisfare alle esigenze della strategia militare.

Abbandonando quest'ultima considerazione mi limito a studiare il tracciamento d'una strada in riguardo alla condizione del terreno, se in pianura cioè o in montagna.

Ora dicendo *asse* della strada la successione dei punti di mezzo di tutti quanti i profili delle infinite sezioni trasversali che si possono fare nella lunghezza d'una strada, è facile lo intendere che nè quest'asse trovasi tutto in un sol piano verticale, nè tutti i punti di esso trovansi nello stesso piano orizzontale. Se queste due considerazioni si verificassero contemporaneamente, la direzione della strada sarebbe una linea retta orizzontale, e la strada troverebbesi perfettamente in piano. Sarebbe anche in piano comunque non si verificasse la prima condizione purchè però si verificasse la seconda; ma l'asse della strada non sarebbe data allora che da una linea spezzata.

Sarebbe una linea inclinata se verificandosi la prima condizione, non si verificasse la seconda, e la strada sarebbe allora necessariamente in montagna, quantunque l'asse di essa fosse una linea retta. Infine sarebbe in montagna e l'asse sarebbe una linea spezzata, se non si verificasse nessuna delle suindicate considerazioni.

Ma poichè nè la linea spezzata per gli angoli d'unione, nè la linea inclinata oltre un dato limite, convengono all'asse d'una strada, così mancando il più sovente per l'ordinaria conformazione della terra, tutte e due le condizioni suaccennate, è duopo conoscere quale raggio di curvatura è più conveniente per raccordare fra loro due porzioni consecutive della spezzata a cui è conformato l'asse della strada; e quale la migliore e più plausibile inclinazione conviene non solo all'asse della strada, ossia alla stessa strada nel senso longitudinale, ma ancora alla strada medesima nel senso trasversale, per favorire il transitò in essa sia dei pedoni, che degli animali che conducono i veicoli. Prima però di venire a questa determinazione, stimo qui compendiare brevemente, le norme generali che debbono esser guida del costruttore nel compiere lo studio del tracciamento d'una strada, e il procedimento a seguirsi per determinare o stabilire sul terreno l'asse e il suolo stesso della strada per tutta la sua lunghezza. Ora le norme a cui ogni proposta di strada debb' essere informata sono le seguenti:

1° Di scegliere per quanto più è possibile la linea più breve, non mancando di percorrere quelle località, alle quali o per l'attivo commercio o per le industrie, dovesse tornare vantaggiosa la linea stradale a proporsi.

2° Di scegliere la linea stessa per modo da schivare per essa le grandi salite o le ripide discese, non che i più dispendiosi lavori d'arte, come ponti, gallerie, viadotti, muri di sostegno per impedimento di rane, ecc.

3° Obbligati a costruire un ponte o altra opera d'arte di entità, determinare o scegliere la linea stradale per modo che l'opera stessa presenti la maggior economia nella spesa, e trovi la sua stabilità anzitutto per la sodezza della località in cui avrà la sua base.

4° Di scegliere la linea stradale per modo da schivare per essa, nel piano, i terreni paludosi o soggetti alle inondazioni, o a scaturigini d'acqua; nel monte le località esposte a settentrione o esposte a forti venti.

5° Infine di scegliere la linea stradale medesima per modo da ovviare ai grandi movimenti di terra, e compierla così colla maggior possibile economia.

Il procedimento poi a seguirsi per fissare stabilmente l'asse e il suolo stradale, varia secondo che la località in cui ha da costruirsi la strada è in pianura o in montagna, e secondo che si ha o no della località medesima una carta di rilevazione topografica. Ora o si possiede questa carta di rilevamento, e uniti su di essa gli estremi della strada a costruirsi con una linea retta, si adotta questa per rappresentare l'andamento della strada, quando soddisfaccia al maggior numero delle norme dianzi espresse; e si modifica in una linea poligonale segnata sulla stessa carta, quando al maggior numero delle stesse norme soddisfi meglio questa linea poligonale. Qualunque delle due linee s'adotti, è duopo percorrere quindi il terreno per riconoscere meglio la stessa linea, e segnare sul terreno stesso, e nella direzione della linea prescelta, i punti più rimarchevoli, per così stabilire sul terreno ciò che dicesi una prima *linea d'operazione*.

Quando poi non si abbia la carta topografica della località, è duopo percorrere in lungo e in largo la località medesima per acquistare una materiale cognizione di essa, e trovarvi se è possibile un punto che domini gli estremi della strada a costruirsi; per quindi dal punto stesso immaginare l'andamento approssimativo della strada, notando i punti più salienti dell'andamento medesimo, e fissandoli sia su muri di caseggiati, su alberi, o su punti salienti del terreno medesimo. Quando non sia possibile ritrovare un punto intermedio da cui sia facile dominare tutto l'andamento della strada, è duopo stabilirne due o più, per congiungere gli estremi cogli intermedi più vicini ad essi, e gli intermedi fra loro come si procederebbe nel caso precedentemente considerato. L'andamento così stabilito forma, in questo caso, la prima *linea d'operazione*.

Determinata questa linea d'operazione, si procede al rilievo topografico dei principali punti di essa, per così dividere l'andamento totale della strada in porzioni, numerizzate a mezzo di picchetti posti nei punti medesimi, ed eguali alle distanze orizzontali dei punti rilevati; cono-

scere le differenze di livello degli stessi punti, e gli angoli degli allineamenti tracciati sul terreno col mezzo di paline, e determinati dalle linee rette che uniscono successivamente i sovradetti punti due a due. Per tal modo conoscendosi la differenza di livello fra i tanti punti della strada presi a due a due, e gli angoli che formano fra loro le spezzate della *linea d'operazione*, in base ai limiti di pendenza, e ai raggi di curvatura che indicherò nei seguenti paragrafi, si potrà argomentare se la stabilita linea d'operazione possa o no assumersi siccome *linea definitiva*.

Questa prima operazione di rilievo topografico per giudicare dell'opportunità della prescelta linea d'operazione, se riesce facile nei paesi di pianura, non lo è altrettanto nei paesi di montagna, nei quali occorre anzitutto stabilire il punto più basso della catena di montagne che si debbono attraversare, per non impegnarsi inutilmente in livellazioni faticose sempre e spesso anche difficili. In proposito e senza dilungarmi nel riportare le belle considerazioni di Geografia Fisica fatte dal *Brisson*, mi contento di compendiare brevemente le conclusioni a cui traggono le considerazioni medesime, e che stimo valgano all'uopo d'un'opera elementare come la presente.

Le conclusioni intanto accennate sono le seguenti:

1° Se una cresta principale di montagne è incontrata da due creste secondarie, il punto d'incontro è un *massimum* d'altezza.

2° Se una cresta è incontrata da due *thalweg* secondari il punto d'incontro è un *minimum*.

3° Se due *thalweg* hanno il loro corso parallelo, ma volto in senso opposto, tra i loro punti d'origine havvi sulla cresta un *minimum*; poichè l'andamento della cresta, segue all'incirca l'andamento della valle parallela.

4° Infine, se due *thalweg* prima paralleli, divergono dopo in senso opposto, nel punto ove il prolungamento delle nuove direzioni incontra la cresta v'ha un *minimum*.

Da queste conclusioni se ne deduce, che pigliando la linea d'operazione sulle creste di 2° ordine, si giunge con pendenza più uniforme ai punti di minima altezza delle catene primarie. Si ha poi ancora il vantaggio d'incontrarvi piccoli i corsi d'acqua perchè al loro principio, e di abbisognare di poche opere d'arte, quantunque però vi abbondi maggiormente il bisogno di muri di sostegno per ovviare alle frane che in dette località possono facilmente avvenire.

Determinata la linea d'operazione, anche nel caso che la strada debba attraversare una catena di montagne, è duopo stabilire la linea definitiva, osservando coi rilievi topografici delle tante porzioni in cui la

linea d'operazione divideva la strada, se gli allineamenti delle porzioni medesime, due a due considerati, permettano curve di raccordamento in quei limiti che assegnerò in avanti, e se le relative differenze di livello fra i detti punti, due a due successivamente considerati, divise per le lunghezze orizzontali rispettive, diano quozienti eguali o minori al limite di pendenza stabilito per la strada.

Non è raro che la differenza di livello fra due o più punti della linea d'operazione divisa per le rispettive lunghezze orizzontali, offra quozienti maggiori alla fissata pendenza. In simil caso, o si cambia, se è possibile, e se il cambiamento risponde alle condizioni generali di tracciato di sopra accennate, la direzione di questi punti, e fino a che il quoziente della loro differenza di livello divisa per la lunghezza orizzontale della loro distanza, non sia eguale o minore al proposto limite di pendenza longitudinale della strada; oppure, e quando per le condizioni del tracciato si fosse obbligati ai punti medesimi, si raffrontano le due spese occorrenti per aprire una galleria, o una trincea al determinato livello della strada, e si adotta quello di questi due lavori che presenta la maggior economia nella spesa. A spese eguali però si preferisce sempre la trincea.

L'ingegnere francese signor *Vallet* ha offerto la seguente formula pratica per determinare la profondità fino alla quale sono eguali i vantaggi d'aprire una galleria o una trincea.

Dicendo,

$x$ , la profondità ricercata,

$p$ , il prezzo per metro cubo degli sterri,

$l$ , la larghezza della strada a costruirsi,

$\frac{x}{m}$ , la scarpa della trincea.

$P$ , il prezzo del metro lineare della galleria, l'eguale vantaggio della galleria, e della trincea, è espresso da

$$Pm = p l m x + p x^2.$$

Stabilita quindi che siasi la *linea definitiva* anche nei paesi di montagna, si procede al rilievo dei profili longitudinale e trasversale della strada, e per ciascuna delle porzioni in cui si divide la lunghezza della strada medesima nelle prime operazioni di rilievo.

Il profilo longitudinale serve a rappresentare le inflessioni tutte del terreno sulla linea d'operazione, e a voler seguire quanto si pratica dagli ufficiali del Genio Civile, il quale è il primo ufficio d'arte del Regno,

si dovrebbe disegnare questo profilo nella scala di  $\frac{1}{10000}$  per le lun-



ghezze, e di  $\frac{1}{1000}$  per le altezze, così prescrivendo il Regolamento per la compilazione dei progetti delle opere pubbliche a carico dello Stato, e pubblicato con Decreto ministeriale 4 ottobre 1868.

Nel determinare poi le livellette della strada conviene avvertire:

1° Di omettere ogni contropendenza, cioè a dire delle pendenze opposte fra loro, affinchè nell'ascesa d'una vallata, tutte le livellette siano ascendenti; essendo provato che le livellette discendenti allungano la linea stradale. Tutt'al più si possono adottare e per breve tratto, dei piani orizzontali o leggermente inclinati.

2° Di diminuire l'acclività delle livellette in quelle strade che corrono in senso inverso all'andamento delle vallate, perchè così non sembri all'occhio maggiore di quella che realmente s'adotta.

3° Infine d'inclinare l'asse stradale nei risvolti per circa il 2 per 100, affine di rendere più facile e più comodo il risvolto dei veicoli; avvertendo sempre di tenerlo orizzontale per non apparire all'occhio inclinato in senso opposto alla strada.

Mano mano che si ottengono sul terreno i risultati della livellazione longitudinale, e allo scopo di procedere con la maggiore regolarità ed ovviare agli errori che possono avvenire, propone il *Claudel* di notarli in tabelle foggiate come la seguente, e da rinnovarsi per distanze di 100 in 200 metri, secondo l'estensione della strada, e le accidentalità del terreno.

PROFILO LONGITUDINALE

| Numeri<br>dei<br>picchetti<br>1 | Distanze<br>dei<br>picchetti<br>2          | Battuto<br>di<br>livello<br>3 | MEDIE       |               | DIFFERENZE    |               | Ordinale<br>8 | Osservazioni<br>9                                                                                                                                              |
|---------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                 |                                            |                               | avanti<br>4 | indietro<br>5 | positive<br>6 | negative<br>7 |               |                                                                                                                                                                |
|                                 | metri                                      | metri                         | metri       | metri         | metri         | metri         | metri         |                                                                                                                                                                |
| 1                               | »                                          | 1,204<br>1,196                | »           | 1,200         | »             | »             | 100,000       | Le osservazioni<br>si fanno per<br>ogni picchet-<br>to, indicando<br>la posizione di<br>esso, la natura<br>del terreno, il<br>nome del pro-<br>prietario, ecc. |
| 2                               | 38,40                                      | 1,793<br>1,804                | 1,801       | »             | 0,601         | »             | 100,601       |                                                                                                                                                                |
|                                 |                                            | 1,784<br>1,778                | »           | 1,781         | »             | »             | »             |                                                                                                                                                                |
|                                 |                                            | 2,397<br>2,403                | 2,400       | »             | 0,619         | »             | 101,220       |                                                                                                                                                                |
| 3                               | 32,75                                      | 0,854<br>0,846                | »           | 0,850         | »             | »             | »             |                                                                                                                                                                |
|                                 |                                            |                               |             |               |               |               |               |                                                                                                                                                                |
| Totale                          | Qui si scrive<br>la somma<br>della colonna |                               | Idem.       | Idem.         | Idem.         | Idem.         |               |                                                                                                                                                                |

Le colonne 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> dicono chiaramente ciò che debbono contenere. Le colonne 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> servono a indicare le battute in avanti e le battute indietro che si ottengono collocando il livello presso a poco alla metà dello spazio che separa due punti successivi; dicendosi battuta indietro il numero indicato dalla persona che tiene lo scopo o la biffa allorchè si guarda dal lato del luogo di partenza; battuta avanti il numero indicato dalla stessa persona che tiene la biffa allorquando guarda innanzi. Per lo che nell'esempio della tabella precedente, essendo collocato il livello fra i picchetti 1 e 2, le battute indietro ed avanti sono rispettivamente 1<sup>m</sup>,200 e 1<sup>m</sup>,801; fra i picchetti 2 e 3 le stesse battute sono 1<sup>m</sup>,781 e 2<sup>m</sup>,400. E poichè ciascuna battuta avanti o indietro si prende due volte capovolgendo il cannocchiale e mettendolo dal disopra al disotto, così ciascuno dei numeri della 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> colonna, è il medio dei due numeri corrispondenti della 3<sup>a</sup> colonna. Nella 6<sup>a</sup> e 7<sup>a</sup> colonna sono scritte le differenze fra i numeri della 4<sup>a</sup> e quelli della 5<sup>a</sup> colonna, secondo che i primi sono più grandi o più piccoli dei secondi. I numeri scritti infine nell'8<sup>a</sup> colonna esprimono le distanze dei diversi punti dal suolo ove si trovano i picchetti al disotto del piano orizzontale di confronto. E siccome per il picchetto n° 1 si prende per ordinata 100<sup>m</sup>, oppure anche un numero tale che l'orizzontale condotta all'altezza che esprime, passi al di sopra delle più alte montagne o ai punti culminanti che deve attraversare, così le ordinate successive a quella del punto di partenza, o all'ultima ordinata ottenuta, si hanno aggiungendo la differenza corrispondente della 6<sup>a</sup> colonna, o sottraendo quella corrispondente della 7<sup>a</sup>. La somma poi che è scritta appiè della 2<sup>a</sup> colonna ne offre la lunghezza progressiva della strada.

Al tempo stesso che si compie il rilievo del profilo longitudinale della strada, si compie pur quello delle sezioni trasversali da farsi in tutti i punti segnati con picchetti e livellati, per guisa che le stesse sezioni sieno messe in corrispondenza col profilo longitudinale con cui hanno un punto di comune. Codeste sezioni trasversali si estendono più o meno dall'una e dall'altra parte dell'asse della strada, e secondo le accidentalità del terreno, per così riconoscere meglio l'asse della strada medesima, e valutare in base alle due pendenze longitudinale e trasversale della strada, i volumi di sterro e rinterro a cui ne obbliga la proposta linea stradale.

Anche per procedere con maggiore regolarità ed ovviare gli errori e le confusioni, propone il *Claudel* di notare i risultati d'ogni sezione trasversale in una tabella consimile alla seguente, e per modo che la parte sua di destra corrisponda alla destra dell'asse della strada nella sezione considerata, la sinistra della tabella alla sinistra parte della stessa sezione.

SEZIONE TRASVERSALE.

| Sinistra                                                                                                       |          |         |          |                        |                         | Destra                                           |                         |          |        |          |              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------|----------|------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------|----------|--------|----------|--------------|
| OSSERVAZIONI                                                                                                   | Ordinate | BATTUTE |          | Distanza dei picchetti | Picchetti delle Sezioni | Picchetti della linea d'operazione nelle Sezioni | Picchetti delle Sezioni | BATTUTE  |        | Ordinate | OSSERVAZIONI |
|                                                                                                                |          | Avanti  | Indietro |                        |                         |                                                  |                         | Indietro | Avanti |          |              |
| Le osservazioni si fanno per ogni picchetto, notando le difficoltà di esecuzione, la natura del terreno, ecc.  | metri    | metri   | metri    | metri                  |                         |                                                  |                         | metri    | metri  | metri    |              |
|                                                                                                                | 100,00   |         |          |                        |                         | 1                                                |                         |          |        |          | 100,00       |
|                                                                                                                | 100,20   | 1,40    | 1,20     | 4,00                   | 1                       |                                                  | 1                       | 3,00     | 1,05   | 1,50     | 100,45       |
|                                                                                                                | 100,66   | 1,70    | 1,24     | 3,16                   | 2                       |                                                  | 2                       | 2,50     | 1,00   | 1,50     | 100,95       |
|                                                                                                                | 101,30   | 1,78    | 1,14     | 5,54                   | 3                       |                                                  | 3                       | 4,50     | 1,25   | 2,05     | 101,75       |
|                                                                                                                |          |         |          |                        |                         |                                                  | 4                       | 3,16     | 1,16   | 1,06     | 101,65       |
|                                                                                                                |          |         |          |                        |                         |                                                  | 5                       | 5,25     | 1,03   | 2,14     | 102,76       |
|                                                                                                                | 100,60   |         |          |                        |                         | 2                                                |                         |          |        |          | 100,60       |
|                                                                                                                | 100,82   | 1,55    | 1,33     | 3,17                   | 1                       |                                                  | 1                       | 2,46     | 1,14   | 1,74     | 101,20       |
|                                                                                                                | 100,96   | 1,59    | 1,45     | 4,9                    | 2                       |                                                  | 2                       | 3,40     | 1,44   | 1,25     | 101,01       |
| 101,11                                                                                                         | 1,70     | 1,55    | 5,34     | 3                      |                         | 3                                                | 6,10                    | 1,30     | 1,25   | 101,96   |              |
| 101,22                                                                                                         |          |         |          |                        | 3                       |                                                  |                         |          |        | 101,22   |              |
| Le osservazioni si fanno per ogni picchetto notando la natura del terreno, la difficoltà dell'esecuzione, ecc. |          |         |          |                        |                         |                                                  |                         |          |        |          |              |

Qui si avverte che i picchetti della linea d'operazione debbono avere le stesse ordinate del profilo longitudinale. Alcuni segnano i numeri dei picchetti delle sezioni colle lettere dell'alfabeto latino, pigliandole progressivamente; e perchè si distinguano i numeri dei picchetti della parte sinistra da quelli della destra della medesima sezione usano accentare le lettere stesse; per cui *a*, *b*, *c*, *d*... rappresenterebbero i numeri 1, 2, 3, 4... dei picchetti della parte destra d'ogni sezione, e *a'*, *b'*, *c'*, *d'*... rappresenterebbero gli stessi numeri ma per i picchetti di sinistra.

Anche per il disegno dei profili trasversali sarebbe bene adottare il rapporto fissato dal Regolamento succitato, e il quale fissa la scala da

$$\frac{1}{500} \text{ a } \frac{1}{1000} \text{ per le lunghezze, e di } \frac{1}{100} \text{ per le altezze.}$$

Col soccorso quindi delle due tavole surriferite, si viene al delineamento del profilo longitudinale, e delle sezioni trasversali. Il piano o la linea orizzontale di confronto si colloca d'ordinario al disotto della linea livellata, acciò vi si possano indicare il livello del mare, se si può avere, la numerazione dei picchetti o dei punti livellati, le lunghezze parziali ossia le distanze tra i picchetti successivi e quelle tra le successive sezioni, le lunghezze progressive della strada, e infine le lunghezze etto-metriche.

Delineati per tal modo i due profili longitudinale e trasversale si procede al tracciamento definitivo dei piani o delle livellette sotto le quali deve correre il profilo longitudinale della strada. A riuscire in ciò però ne occorre di conoscere il limite di pendenza longitudinale e trasversale, e il limite del raggio di curvatura delle risvolte della strada medesima, conoscenza che si apprenderà nei paragrafi seguenti.

941. PENDENZE LONGITUDINALI E TRASVERSALI D'UNA STRADA ORDINARIA.

— La pendenza d'un tratto di strada è il rapporto fra la lunghezza orizzontale e l'altezza dello stesso tratto. Esso suolsi esprimere riferendolo ad una lunghezza orizzontale di 100 metri, per cui usasi di dire che la pendenza d'una data strada è del 2, 3, 4... per 100, significando così che la linea stradale corre per l'ipotenusa d'un triangolo rettangolo, avente per cateto di base la lunghezza orizzontale di 100 metri, e per cateto d'altezza 2, 3, 4... metri.

Le strade ordinarie hanno due pendenze, l'una nel senso longitudinale, l'altra nel senso trasversale. La prima è cagionata dalla differenza di livello fra i due estremi della strada; la seconda dalla necessità di far defluire l'acqua lateralmente alla strada. Entrambe sono determinate in base alla facilità del transito sulla strada medesima, e sono sempre costanti per tutta la lunghezza di essa, segnatamente la pendenza trasversale. Quando la pendenza longitudinale è limitata al 2, o al 3 per 100 la linea stradale, dicesi in falso per piano.

Ora una linea stradale potrebbe essere orizzontale solamente in piana. In montagna, lo si intende bene, ciò non arriverà giammai.

L'orizzontalità però della strada nel senso del suo asse longitudinale, oltrechè dispone male la stessa strada allo scolo delle acque, stanca a lungo andare chi la percorre, prima ancora che non lo faccia una strada a certi tratti moderatamente inclinata, e a certi altri orizzontale. Le piccole inclinazioni però non sono possibili in tutte le strade, le forti o le grandi inclinazioni nemmeno, perchè per esse non si possono effettuare i trasporti sulle strade. È d'uopo adunque limitare la pendenza a quel rapporto che meglio convenga alla strada relativamente agli animali che la percorrono, ai veicoli impiegati nel trasporto, e in fine al materiale

di cui è formata la carreggiata della strada. Ora è risultato dall'esperienza che la pendenza di metri 0,075 per metro è il limite massimo di pendenza che possa percorrere un uomo senza soccorrere colle mani; che la pendenza limite delle strade accessibili ai muli carichi, è quello di metri 0,055; infine che la pendenza la più ripida che può percorrere una vettura carica, è di metri 0,14 per metro. Questi limiti però vengono modificati in più o in meno secondo la località della strada, ma in generale la pendenza stessa non è mai al disotto del coefficiente d'attrito delle strade. Per cui nelle strade carreggiabili, e in pianura, se la carreggiata è selciata o inghiaia, la pendenza varia fra il 4 e il 5 per 100; se la carreggiata è lastricata, la pendenza è d'ordinario del 3 per 100. Questi limiti poi s'aumentano quando le strade con le eguali carreggiate siano in montagna, purchè però le strade con inghiaia non abbiano una pendenza maggiore all' 8 per 100; le strade selciate dal 5 al 6 per 100; e le strade con lastre non maggiore del 4, o 4,50 per 100.

Nelle grandi rampe è assai più comodo per il tiraggio lo scomporre la pendenza in differenti tratti: tenendo le maggiori pendenze ai tratti inferiori, e le minori ai superiori, per così agevolare il tiraggio quando appunto gli animali sono più stanchi per le già percorse pendenze. Infine si avverta che in vicinanza alle città, i tratti in pendenza non possono essere inferiori a certi limiti, variabili secondo la classificazione cui s'appartiene la strada. Nelle strade nazionali questi tratti si tengono non inferiori a 600 metri; dai 400 ai 200 metri per le strade provinciali o comunali.

La necessità della pendenza trasversale della strada è fatta palese dal bisogno, come dissì già, di far defluire lateralmente alla strada le acque che cadono su di essa, affine di ovviare a che lo scolo si faccia lungo l'asse longitudinale della strada, e si raccolga alla sua fine un volume d'acqua dannevole alla strada medesima e ai viandanti.

Allo scopo però di favorire la deviazione dell'acqua dall'asse longitudinale, è duopo che la pendenza trasversale sia di molto maggiore alla pendenza longitudinale. Anche questa pendenza però ha un limite fissato dall'esperienza, e oltre il quale si danneggia la stabilità delle vetture. Nelle strade la cui carreggiata è a colmatura (come presenta la fig. 252<sup>a</sup>) l'arco di circolo che la limita, si determina a modo che la saetta sia dal  $\frac{1}{30}$  al  $\frac{1}{50}$  della corda. In Inghilterra la saetta medesima e per le carreggiate così dette alla *Mac-Adam*, si fa anche del  $\frac{1}{70}$  della corda. Nelle strade inclinate a due pioventi nel mezzo, come rappre-

senta la fig. 253<sup>a</sup> la pendenza trasversale è limitata fra  $\frac{1}{20}$  e  $\frac{1}{40}$  della loro larghezza, se la carreggiata è fatta con ghiaia; fra  $\frac{1}{30}$  e  $\frac{1}{50}$  se è fatta con ciottoli; e infine fra  $\frac{1}{50}$  e  $\frac{1}{70}$  se è lastricata.

Nelle strade infine di montagna e inclinate verso il monte, come rappresenta la fig. 255<sup>a</sup> l'inclinazione si fa fra il 1/12 ed il 1/14 della larghezza della strada.

942. LIMITE DEL RAGGIO DI CURVATURA NELLE RISVOLTE DELLE STRADE ORDINARIE. — Dissi già che non trovandosi quasi mai l'asse d'una strada in un sol piano verticale, riusciva soventi l'asse medesimo formato dall'incontro di più rette, concorrenti fra loro ad angoli più o meno acuti. Questi angoli però non favoriscono il tiraggio dei veicoli, inquantochè non potendosi trovare i veicoli medesimi in una stessa linea retta coi cavalli che li conducono, essi non sono tirati che da una componente dello sforzo di trazione di cui i cavalli sono capaci.

È duopo adunque evitare questi angoli, raccordando i lati che li formano, e che non sono altro che gli assi di due porzioni d'una medesima strada, con una curva tale, in cui i veicoli che compiono il traffico nella strada unitamente ai cavalli che li conducono, siano in una stessa linea retta inscritta nella curva medesima.

Siffatta curva puossi determinare colle seguenti considerazioni. Sieno *mo, no*, fig. 256<sup>a</sup> gli assi di due porzioni d'una medesima strada a raccordarsi con una curva rappresentata dalla *m B n*, e sieno *l l'*, la lunghezza della strada, ed *l r s, l' r' s'* due curve concentriche alla curva *m B n* di raccordamento, e segnanti i limiti della strada. Per un punto qualunque *B* dell'arco *m B n*, si conduca ad esso una tangente *BA* da prolungarsi fino ad incontrare in *A* la curva *l r s* limite esterno della strada. Perchè la suindicata condizione sia soddisfatta è duopo che la distanza *BA* non sia più piccola della più gran linea che formar possono i veicoli impiegati al traffico in una al maggior numero di cavalli da cui possono essere condotti.

Sia quindi *L* questa lunghezza, *l* la larghezza della strada, ed *R* il raggio della curva *m B n*; dal triangolo *BAC* si ha

$$\overline{AC}^2 = \overline{BA}^2 + \overline{BC}^2 = \left(R + \frac{l}{2}\right)^2 = L^2 + R^2$$

da cui

$$R = \frac{L^2 + \frac{1}{4} l^2}{l} \quad (1).$$

Supposto ora il punto B nel mezzo della curva  $m B n$ , ove si conduca la retta  $C B o$ , il triangolo  $o m C$  offre la relazione

$$o m : m C :: \cos . m o C : \sin . m o C,$$

da cui

$$o m = \frac{m C . \cos . m o C}{\sin . m o C} = m C . \cotang . m o C = \frac{R}{\tan g . m o C} \quad (1).$$

Sostituendo in questa relazione il valore di R ottenuto dalla (1) e detto  $\vartheta$  l'angolo formato dagli assi  $m o$ ,  $n o$  delle due porzioni di strada, e il quale ne è sempre noto, la distanza dal punto d'incontro  $o$  di due allineamenti successivi al punto  $m$  in cui deve incominciare la curva che li raccorda, è data dalla relazione

$$m o = \frac{L^2 + \frac{1}{4} l^2}{l . \tan g . \frac{1}{2} \vartheta}.$$

Quando lo spazio è ristretto, e la località si opponga a dare alla curva il necessario sviluppo, usasi d'aggiungere alla curvatura la larghezza della strada, dedotta dalla relazione

$$\left( R + \frac{1}{2} l \right)^2 = L^2 + R^2, \text{ in}$$

$$\frac{1}{2} l = \sqrt{L^2 + R^2} - R$$

In Prussia è prescritto d'aumentare di  $\frac{1}{4}$  della larghezza della strada le curve che raccordano allineamenti che fanno fra loro un angolo di  $120^\circ$  a  $90^\circ$ ; e del  $\frac{1}{2}$  della stessa larghezza le curve che raccordano allineamenti che s'incontrano ad angoli da  $90^\circ$  a  $60^\circ$ .

Alcuni costruttori, non stimano buona una curva di raccordamento, se nelle due curve concentriche laterali non si possono inserire tre dei veicoli più lunghi destinati a percorrere la strada. Altri fissano il limite del raggio della stessa curva in 30 metri se la strada è in piano, e dai 20 ai 25 metri se è in montagna, e il terreno presenti difficoltà negli sviluppi.

Praticamente le curve di raccordamento per le strade ordinarie si determinano con differenti procedimenti grafici i quali conducono a curve paraboliche o circolari, e queste da preferirsi sempre.

Ecco ora alcuni di questi procedimenti:

1° Vogliansi raccordare i due allineamenti AB, CB, fig. 257<sup>a</sup>, con una curva parabolica. Fissati i punti A e C ove deve terminare la curva, si dividono entrambi gli allineamenti da A in B, e da A in C nello stesso numero di parti eguali, e si congiungono i punti di divisione di ciascun allineamento per modo che i punti medesimi dell'allineamento AB discendendo, si congiungano con i punti di divisione dell'allineamento BC rimontando da C, e compreso questo medesimo punto come mostra la figura. Le intersezioni successive di tutte queste rette prese a due a due, segneranno una curva che sarà tangente ai due allineamenti nei punti A e C.

2° Con questo metodo si fanno anche i raccordamenti così detti a *inflessione*, fra tre o più allineamenti. Difatti, siano AB, AC, CD tre allineamenti da raccordare con una curva a inflessione, fig. 258<sup>a</sup>, e sia M il punto stabilito sull'allineamento intermedio per l'inflessione della curva di raccordamento. Si fissino sui due allineamenti esterni i punti *n* ed *o* nei quali vuolsi che incominci la curva, e si considerino gli angoli B e C siccome formati da due allineamenti differenti per ciascuno, e cioè gli allineamenti AB, MB per l'angolo B, e gli allineamenti MC e DC per l'angolo C. Divisi rispettivamente questi allineamenti in quattro parti come dimostra la figura, e costruendo le due curve come nello esempio precedente si avrà una curva inflessa nel punto M, e tangente ai due allineamenti esterni nei punti *n* ed *o*, e all'allineamento intermedio nello stesso punto M.

3° A voler poi raccordare due allineamenti con una curva circolare si procede nel seguente modo. Siano AB e BC gli allineamenti da raccordare, fig. 259<sup>a</sup>, segnati a distanza eguale dall'angolo B, i due punti *o* ed *n* nei rispettivi allineamenti, e condotta la *on* si dividono entrambi gli angoli B *o* *n*, B *n* *o*, nello stesso numero qualunque di parti eguali colle rette *o*1, *o*2, *n*1, *n*2, le intersezioni delle rette *o*2, *n*1; *o*2, *n*2; *o*1, *n*2; unite assieme danno la curva circolare che raccorda i proposti allineamenti.



4° Quando le accidentalità del terreno, o altre particolari circostanze della località non permettessero di riportare facilmente sul terreno e con gli strumenti e mezzi che offre la Geometria pratica, la curva designata sulla pianta dell'andamento stradale, si può riuscire nella determinazione d'una curva circolare di raccordamento valendosi del seguente processo adoperato dagli ingegneri inglesi. Siano AB e BC due allineamenti da raccordare sul terreno, fig. 260<sup>a</sup>, segnato nell'allineamento AB, il punto *o* in cui vuolsi che incominci la curva, si prenda sull'allineamento medesimo, e a partire da A, una lunghezza ad esempio di 10 metri da *o* in *n*, e fatto centro in *o* e con raggio *on* si descriva un arco in cui s'inscrive una corda *nm*, grande a piacimento. Si congiunga quindi *o* con *m*, e si prolunghi *om* per un'altra quantità eguale *mp*, fatto centro in *m* e con raggio *mp* = *om* si descriva un altro arco di circolo in cui si inscrive la corda *pm'* eguale ad *nm*, e così si proceda fino ad intersecare l'altro allineamento BC nel punto *h*, precedentemente però fissato, in cui è duopo incominci la curva di raccordamento. Se ciò non avviene, si ricomincia l'operazione per tante volte fino ad incontrare l'allineamento BC nel punto *h* precedentemente designato.

943. COSTRUTTURA DELLA CARREGGIATA. — Ultimati i lavori di sterro e di rinterro, ai quali hanno obbligato le differenti condizioni del terreno per rendere tutto l'andamento della strada, e nei due sensi longitudinale e trasversale, sotto le livellette indicate nella proposta o progetto definitivo, uopo è procedere alla costruzione della carreggiata, e nella quale, effettuandosi il transito, occorre rinvenirvi solidità, rigidezza e poca scabrosità.

In generale la rigidezza della strada, siccome il terreno non la presenta sempre e sotto le vicende atmosferiche, si procura ad arte, o col mezzo d'inghiaamenti di frantumi di roccia, o col mezzo della selciatura di ciottoli, o infine col mezzo di lastre di pietre naturali o artificiali delle quali si ricopre la carreggiata. Quanto più poi riesce sonora una strada, tanto più si stima rigida. La poca scabrosità è favorita in massimo grado dalle lastre, in grado medio da una buona selciatura, in grado minimo dalle inghiaiate. Perchè però queste riescano lo meglio a favorire la poca scabrosità è duopo fissare un *massimum* al volume dei pezzetti di ghiaia da adoperarsi.

Essendomi però occupato di già, e nei paragrafi 215, 216 e 653 del modo di costruire i lastricati e i selciati, stimo limitarmi qui alla sola costruzione delle carreggiate con inghiaiate.

E prima di tutto le carreggiate con inghiaiate constano di due parti, la sottostante detta massicciata, e la inghiaia propriamente detta che è la parte superiore o soprastante.

La materia adoperata nella formazione di queste due parti, è la stessa, e solo varia nel volume dei pezzi. Essa è data dalle rocce calcaree, silicee, granitiche, basaltiche, e in generale da tutte le rocce dure, purchè non siano alterabili sotto le influenze atmosferiche, o cedano sotto il peso delle ruote dei veicoli, producendo del fango nella stagione autunnale, e della polvere nella stagione estiva.

I metodi che di presente si seguono nella costruzione della carreggiata sono principalmente due, quello cioè del francese *Trèsaguet*, e quello dell'inglese *Mac-Adam*. Entrambi hanno dei pregi e dei difetti che meglio risultano in relazione alle condizioni del luogo; per cui sarà cura del costruttore di fare dei metodi medesimi l'opportuna scelta, anche in riguardo alla qualità del materiale di cui si può disporre.

Qualunque siasi però il metodo che vuolsi adoperare, è duopo preparare il suolo stradale che deve ricevere la carreggiata, comprimendolo prima colla mazzaranga, o facendovi passar sopra dei pesanti rulli di legno cerchiati di ferro, o dei rulli di pietra naturale, o dei cilindri vuoti di ghisa che si riempiono di sabbia fino ad avere il peso necessario ad una buona compressione, e i quali riescono assai più vantaggiosi dei cilindri in legno ed in pietra.

944. METODO DEL TRÉSAGUET PER FORMARE LA CARREGGIATA. — Andato in disuso il metodo delle prestazioni ossia il concorso due volte all'anno di tutti gli abitanti circonvicini alla strada, e per le quali fino dall'epoca dei Romani si potevano costruire le carreggiate con uno strato di pietre grosse, piatte e poste a mano da ricoprirsi poi con altri due strati di pietrame rotto e di dimensioni più piccole l'uno dell'altro, l'ingegnere *Trèsaguet* proponeva di sostituirlo con metodo più razionale e meno dispendioso, e il quale adottato da prima in Francia, viene tuttora seguito e conosciuto per metodo del *Trèsaguet*, o *sistema a fondazione*. Esso si eseguisce preparando un'escavazione che dicesi *cassa della massiciata*, larga per quanto si è limitata la carreggiata, profonda variabilmente da m. 0,25 a m. 0,40, e col fondo bene compresso e conformato con la superficie eguale a quella che deve presentare superiormente la carreggiata. Preparata la cassa si distende sul suo fondo uno strato di grosse pietre, o sassi o pietrame da mina, posto diligentemente a mano, e per un'altezza variabile da m. 0,12 a m. 0,25, battendo le stesse pietre d'alto in basso e poi dai fianchi, acciocchè s'accostino meglio fra loro, e meglio s'adagino stabilmente nel fondo della stessa cassa. Spianata la superficie superiore di questo strato, che dicesi *massiciata*, e riempite le commesure con schegge della stessa pietra conficcate a forza col martello, si distende su di esso uno strato o *coperta* di pietre frantumate o di ghiaia, e per un'altezza di m. 0,10, e si lascia libero il transito sulla strada,

avvertendo di riparare di mano in mano i solchi delle rotaie che si vanno formando, levandone il fango e raschiando i lati, fino a che la superficie sia ben consolidata. Riconosciuta la coperta in un buon stato di solidità, si distende su di essa un ultimo strato di pietre frantumate o di ghiaia, e per un'altezza di m. 0,05, e la strada si pone di nuovo a libero transito, non richiedendo più che le spese e le cure di una buona manutenzione.

Quando il terreno sia molle, elastico e di cattivo fondo, la profondità della cassa per la massicciata varia dai m. 0,40 ai m. 0,60, e la massicciata stessa non si fa riposare che sopra un denso strato di terra sciolta e forte, purchè non sia terra vegetale o terra argillosa.

Non è raro che i fianchi dell'incassatura, inclinati prima ad un angolo di 20° a 25° colla verticale, si rivestano d'una cordinata di pietre alte a modo da non apparire alla superficie della carreggiata dopo formata l'inghiaia.

Il metodo del *Trésaguet* è adoperato con favore nei terreni di natura cretosa o argillosa, ridotto prima però il terreno a buona sodezza, e prosciugato con fogne o tubi di drenaggio quando ne sia il caso per la natura del suolo.

**945. METODO DI MAC-ADAM PER COSTRUIRE LA CARREGGIATA.** — Il sistema *Mac-Adam* si conosce nell'arte fin dal 1815, e per prima l'applicò l'Inghilterra, ove vuolsi, fosse importato dalla China. Esso però anzichè alla sola carreggiata si estende a tutta la larghezza della strada compresa fra la carreggiata medesima e i marciapiedi; per cui la larghezza medesima deve essere prima ben compressa sia con mazzaranghe sia con cilindri di pietra o di ghisa. Preparato così il suolo della strada si distende su di esso un primo strato di pietrisco o di ghiaia bene depurata da materie terrose, per l'altezza variabile dai m. 0,08 ai m. 0,10, e con la grossezza per ciascun pezzo, in media come quella d'una noce. Compresso quindi uniformemente questo primo strato con un pesante cilindro di ferro che si fa scorrere più volte su di esso, si pone la strada a libero transito, avvertendo però di riparare i solchi delle rotaie levandone il fango e rimettendo in essi nuovo materiale, fino a che il primo strato di ghiaia disteso, siasi assodato a modo da non offrire più sensibili degradazioni. Riconosciuta questa buona solidità del primo strato se ne distende su di esso un altro, col medesimo materiale del primo, e con altezza variabile dai m. 0,05 a m. 0,06; e compresso egualmente al primo si lascia su di esso libero il transito, fino a chè riparando sempre i solchi lasciati dalle rotaie non si presenti pur esso di tanta sodezza da non manifestare più sensibili degradazioni. Al secondo strato, assodato che siasi, se ne sovrappone un terzo sempre dello stesso materiale

e limitato in altezza da m. 0,04 a m. 0,05, e compresso e sottoposto pur esso al libero transito, si ricopre quando siasi assodato d'un novello strato; e così si procede fino a che siasi raggiunto uno spessore d'inghiaia variabile da m. 0,26 a m. 0,30.

Il sistema di *Mac-Adam* non è però da adoperarsi in tutti i terreni, richiedendo esso terreni solidi, non cedevoli cioè, e non assorbenti. Su terreni di buona qualità quantunque non molto resistenti si può adottare il sistema *Mac-Adam* purchè gli si dia un maggior spessore. Questo sistema poi è da preferirsi a quello del *Trésaguet*, sia per l'economia nella costruzione, quantunque obblighi a maggior mano d'opera nella formazione delle pietre; sia per la facilità della manutenzione, quando questa particolarmente non possa difettare nè per i materiali nè per le persone a ciò preposte. Il metodo del *Trésaguet* d'altronde dà luogo a delle frodi, ed obbliga ad una maggior sorveglianza nella costruzione della massiciata, nella quale possono mancare le pietre in volume e in qualità prescritte, sottoponendo la carreggiata a presentare ondulazioni che non possono che danneggiarla notevolmente.

Sui due sistemi infine è a dire che spesso, anzichè affidare la compressione della coperta ossia dell'inghiaia agli animali e ai veicoli che transitano sulla strada, essa si fa a mezzo di cilindri di ghisa compressori, riuscendo così ad una maggiore compressione non solo, ma ad offrire anzitempo una facilità di transito. Il noto ingegnere *Polonceau* non ha mancato di portare a beneficio dell'arte un nuovo tributo del suo ingegno e delle sue buone esperienze, anche sull'argomento delle strade e segnatamente sull'utilità dei cilindri compressori, i quali sono dal *Polonceau* raccomandati ai costruttori per l'utilità che essi rendono, sia per la maggior sodezza, che assicurano alle strade, e per la quale riesce più pronto lo scolo delle acque presentandosi le strade medesime sempre più asciutte; sia per la facilità con cui agevolano il tiro e per la durata maggiore che presenta l'inghiaia delle strade, certo per la uniformità della compressione. Si aggiunga a questi vantaggi il tenue costo cilindri compressori di ghisa, e il quale non supera le 2000 lire. Il peso dei poi di questi cilindri, comprese l'armatura e la sabbia di cui si riempiono si valuta in 6 o 7 mila chilogrammi.

Stimando che dalle amministrazioni pubbliche, o dagli intraprenditori di lavori stradali possano essere adoperati questi cilindri a risparmio della forza animale, e a maggior sodezza delle carreggiate, ecco i risultati delle esperienze che s'istituirono su di essi, e che io riporto dall'opera dell'ingegnere *Cantalupi*, *Trattato pratico d'Architettura stradale*, fiducioso che possano servire di norma pei lavori di compressione delle strade.

1° Il cilindro non deve essere nè troppo pesante, dacchè le mate-

rie verrebbero schiacciate e non compresse, nè troppo leggero per il motivo che non si otterrebbe l'intento se non col ripetere l'operazione più volte.

2° Un cilindro carico non deve pesare meno di 50 chilogrammi per ogni centimetro di lunghezza; per cui se la sua lunghezza è di m. 1,50 il peso dovrà essere di 7500 chilogrammi.

3° Perchè si abbia una regolare e lodevole compressione del materiale dell'inghiaia, è duopo che la cilindratura sia eseguita in tempi umidi, e quando la strada è bagnata, per non obbligare ad un adacquamento. Il cilindro deve passare 27 volte circa sul pietrisco, e da 47 a 49 volte sulle ghiaie fluviali in altezza da 10 a 20 centimetri. Il volume del materiale impiegato, si riduce colla compressione a circa 0,70 del primitivo.

4° I cavalli non devono sostenere grandi sforzi nella trazione sia per essere più utile il loro lavoro, sia per non disaggregare o disperdere il materiale coi loro piedi. D'ordinario perciò si assegna un peso di 600 chilogrammi ad ogni cavallo, e si carica di mano in mano il cilindro sino a pesare 1000 chilogrammi al termine dell'operazione.

5° Infine i materiali si debbono cilindrare prima da soli e sino a che siasi procurata ad essi una stabile posizione; indi si ricoprono d'una determinata quantità di detrito e di sabbia per riempire gli interstizii, e si cilindrano di nuovo fino a che si giudichi fatta una buona presa.

È ad avvertirsi poi che questa cilindratura non è effettuabile più quando le strade presentino una pendenza superiore al 5 per cento.

Lo stesso *Cantalupi*, ritenendo dalle esperienze che la spesa media della compressione col cilindro sia di L. 0,10 per metro quadrato, esclusi però la fornitura del materiale, lo spargimento di esso e gli altri lavori accessorii, valuta nel seguente modo la spesa occorrente per un chilometro di strada mediamente frequentata, e alla quale non occorresse che uno spargimento biennale di ghiaia o pietrisco per la riparazione e manutenzione della strada medesima.

|                                                                                                                                                                                 |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Fornitura di m. c. 40 di ghiaia vagliata a L. 2 al m. c. . . . .                                                                                                                | L. 80, 00  |
| Spargimento della ghiaia e suo congruagliamento a L. 0,30 . . . . .                                                                                                             | » 15, 00   |
| Cilindratura annua di metri lineari di strada 500 (dovendo eseguirsi ogni due anni per chilometro) nella larghezza di m. 4                                                      |            |
| ossia nella superficie di m. q. 2000, a L. 0,10 . . . . .                                                                                                                       | » 200, 00  |
| Spesa per lo stipendio di uno stradaiuolo in ragione di annue lire 480, e nel supposto che al medesimo sia affidata la linea di 6 chilometri, per chilometro importerà. . . . . | » 80, 00   |
| Riparazione e trasporto del cilindro . . . . .                                                                                                                                  | » 5, 00    |
| Per cui la spesa annua per la manutenzione della carreggiata                                                                                                                    |            |
| adottando il cilindro di compressione, risulterebbe di. . . . .                                                                                                                 | L. 380, 00 |

la quale poi varierà necessariamente al variare del prezzo della ghiaia e della sua quantità da impiegarsi annualmente.

946. MANUTENZIONE DELLE STRADE. — Le strade, come tutte le altre opere d'arte esposte alle ingiurie del tempo, si degradano continuamente per le vicissitudini atmosferiche. Più che queste cause però, degrada e consuma le strade il continuo passaggio degli animali e dei veicoli. La manutenzione quindi delle strade ha per oggetto di riparare i danni che esse provano, e primissimo fra i quali è la perdita della ghiaia e del pietrisco della inghiaia.

Anzi che però alla sola inghiaia, io estenderò lo studio della manutenzione delle strade, anche ai marciapiedi e ai fossi. La manutenzione dell'inghiaia ha per oggetto di ricoprire le depressioni che in essa si manifestano, con opportuni ricarichi di ghiaia, valevoli a restituire continuamente all'inghiaia medesima tanto peso di nuovi e buoni materiali, quanto è quello dei detriti che si ricavano allo stato di polvere e di fango. Il primo studio quindi a farsi o la prima cura a tenersi per siffatta manutenzione, è la conoscenza della qualità e quantità del materiale. Per riguardo alla qualità è sempre a preferirsi il più duro, per cui il pietrisco delle rocce granitiche, quarzose o porfiriche, sarà sempre a prescegliersi. In loro vece sono anche buone le rocce silicee e le calcari purchè delle specie le più dure. In mancanza di pietrisco, da preferirsi però sempre per le faccie piane con cui si presenta, si può adoperare anche la ghiaia purchè formata di ciottolini di pietra dura.

La quantità della ghiaia da impiegarsi annualmente nella riparazione d'ogni unità lineare della strada, varia a seconda del transito sulla medesima, e della durezza dei materiali impiegati. Essa poi si determina con uno dei seguenti procedimenti; e cioè o determinando il volume di cui si è diminuita l'inghiaia dopo un determinato tempo d'esercizio della strada, e il qual volume è dato dalla differenza fra il volume di ghiaia impiegato e quella che è rimasto alla fine dell'esercizio, il quale d'ordinario è d'un anno, per quindi dividere il volume medesimo per il numero delle unità lineari che comprende la lunghezza della strada considerata, ed avere per ogni unità il volume consumato di ghiaia; oppure dedurre il volume medesimo in base al volume e al peso dei detriti ricavati dalla strada in tutto il tempo stabilito dell'esercizio, allo stato di polvere o di fango.

Per valersi del primo procedimento è duopo ritenere che in media, un determinato volume di ghiaia o pietrisco compresso e messo in opera per la formazione d'un'inghiaia si riduce ai  $\frac{7}{10}$  del volume che aveva quando era ammuccchiato sui lembi della strada; per cui è duopo calcolare che per la manutenzione d'ogni unità di lunghezza d'un'inghiaia occorra

un volume di ghiaia ammucchiata pari ai 10/7 del corrispondente volume d'inghiaia consunta. Nel valersi invece del secondo è duopo raccogliere la polvere e il fango che si presentano sulla strada per una prefissa lunghezza, e per tutto il determinato periodo d'esercizio, tenere polvere e fango separati, determinare il volume e il peso dell'una e dell'altro, non prima però che questo si sia disseccato, per quindi dividere la somma dei rinvenuti pesi per la lunghezza di strada considerata. Il quoziente rappresenterà approssimativamente il peso del pietrisco o della ghiaia occorrente per ogni unità lineare della stessa strada. Avuto il peso se ne avrà il volume nel quoziente del peso stesso per il peso corrispondente ad ogni metro cubo della ghiaia o pietrisco da adoperarsi, e il quale valutasi in media di 1380 C. g.

In pratica la quantità di ghiaia o di pietrisco per mantenere annualmente in buon stato le strade, varia secondo la larghezza della strada, il transito su di essa, la qualità del materiale, ed anche la località in cui essa è costruita per riguardo alla sua esposizione. D'ordinario però per le strade nazionali si calcola annualmente un volume di ghiaia o pietrisco variabile fra 200 e 400 metri cubi per chilometro; per le strade provinciali fra 80 e 200 m. c. per la stessa lunghezza; e per le strade comunali fra 40 e 80 m. c. sempre per chilometro. È a ritenere però che il suindicato volume e per le anzidette strade, è calcolato sulla supposizione del maggior transito sulle strade medesime.

Per le esperienze del *Vallés*, ingegnere in capo di ponti e strade, si può ritenere invece che il consumo annuo del pietrisco e per chilometro, varia in ragione della qualità dello stesso pietrisco per ogni 100 animali, comunque siano caricati o scaricati. Per le stesse esperienze del *Vallés* il consumo del pietrisco per ogni 100 animali da tiro, è rappresentato annualmente e per chilometro, da 15 metri cubi di pietrisco eccezionale; da 25 metri cubi di pietrisco di buona qualità; e da 40 metri cubi di pietrisco ordinario.

Determinato il volume della ghiaia o pietrisco, fa d'uopo prepararlo e ridurlo alle più appropriate dimensioni, per indi distenderlo sulla carreggiata a modo da renderla costantemente unita e dura. Ora il pietrisco si prepara riducendo le rocce da cui si trae in pezzi aventi non meno di 2 nè più di 5 centimetri di lato. Se si usasse la ghiaia, bisognerebbe ridurne i pezzi a queste dimensioni ove le avessero maggiori, o passarli al vaglio per rifiutare tutti quei pezzi che avessero i lati minori di 2 centimetri. Preparato così il materiale d'inghiaimento, si deposita nelle piazzette che di distanza in distanza fiancheggiano la strada, ed in esse si lascia da settembre ad aprile, o da aprile a settembre, affinchè si dilavi il meglio possibile a mezzo delle piogge. Nell'aprile o

nel settembre successivo al settembre o all'aprile in cui la ghiaia fu raccolta nelle piazzette di deposito, si trasporta nella strada, ove si accumula in mucchi regolari ed equidistanti lungo un lato di essa, e alla distanza di m. 0,40 dal lembo del fosso laterale, per quindi procedere al distendimento o spandimento del materiale preparato, nella stagione che corre fra il prossimo successivo ottobre e l'aprile. Lo spandimento si eseguisce ad intervalli alternati d'un chilometro di lunghezza, affinchè per un'eccessiva lunghezza di novella inghiaia non si renda difficile il transito nella strada. Lo spandimento stesso poi si fa a strati come indicai nella costruzione dell'inghiaia, e non si procede allo spandimento del secondo strato se il primo non siasi convenientemente compresso, o col rìlindro, o per il roteggio. Si avverta pure di non abbandonare la strada eseguito che siasi lo spandimento della ghiaia, dacchè occorre appunto allora curarla maggiormente, affine di rimettere a posto il materiale che viene allontanato dalla carriera o col calpestio dei cavalli, o col passaggio di altri animali, e colmare i solchi che si formano dalle rotaie.

Questo spandimento è quello che in arte dicesi generale, e che serve a conservare all'inghiaia la primitiva grossezza. Ve ne ha però un altro che dicesi parziale, e il quale si eseguisce o allo scopo di colmare le depressioni, i solchi, e le cavità che si verificano, oppure allo scopo di ricostruire una porzione d'inghiaia danneggiata per una qualunque accidentalità. Nel primo caso lo spandimento si fa prima nelle maggiori depressioni o cavità, sempre per strati che si succedono dopo ottenuta la compressione del precedente; e sorvegliando sempre lo spandimento fatto per ricolmare i novelli solchi lasciati dalle ruote, o rimettere il materiale spostato dalle ruote o dagli animali; nel secondo caso, è duopo riparare al danno apparso, per zone di lunghezza non maggiori di un chilometro a intervalli alternate, e per metà larghezza della strada, affine di non impedire totalmente la circolazione sulla strada. Si procede quindi allo spandimento per strati successivi come dianzi notai, e dopo aver preparato la carriera stradale, rompendo la vecchia inghiaia col piccone, affine d'allacciare la nuova o con la massiciata della strada o coi più profondi e buoni strati della vecchia inghiaia.

Qualunque sia lo spandimento, generale o particolare, è duopo farlo nelle stagioni le più adatte alla migliore riuscita, e le quali sono le stagioni umide e piovose, come quelle d'autunno e d'inverno, per cui si fanno sempre fra l'ottobre e l'aprile, e dopo aver rimosso la polvere e il fango dalla carriera stradale che deve essere novellamente inghiaia. La polvere si toglie a mezzo di scope grossolane, o a mezzo di tralci di legno ferrati, a modo però da non rimuovere o danneggiare la parte di



inghiaia che trovasi assodata. Il fango si leva invece o col badile o più spesso con raschiatoi in lamina di ferro muniti di manico bastantemente lungo, per poterli maneggiare gli operai, i quali rimuovono polvere e fango, incominciando dall'asse della strada per venire sui marciapiedi, nei quali s'accumulano in mucchi regolari e distanti di m. 0,40 dal lembo del fosso.

La manutenzione della strada richiede un numero d'operai che si determina comunemente in base al consumo di ghiaia nella strada, e in base alla lunghezza della strada medesima.

Richiedendo difatti il maggior consumo un numero più grande di operazioni, come trasporto del materiale sulla carriera stradale, inaffiatura e pilonatura dell'inghiaia secondo le condizioni della strada, spazzatura infine della polvere e del fango, è ovvio che le operazioni medesime e il consumo della ghiaia, saranno proporzionali al transito o circolazione sulla strada, e che ad ogni metro cubo di ghiaia o di pietrisco corrisponderà un numero di giornate d'operai. Una strada che sia poco frequentata richiederà per ogni metro cubo di ghiaia una quantità maggiore di giornate di quello non richieda una strada che sia molto frequentata. Difatti essendo maggiori nel primo caso le distanze dei mucchi di materiale, occorrerà per tale distanza che l'operaio, cantoniere o stradaiuolo che vogliasi chiamare, percorra una maggiore distanza nel trasporto; essendo maggiore la circolazione nel secondo caso, le spese di compressione e pilonatura saranno minori, concorrendo in questo lavoro anche i veicoli che vi transitano.

Ora l'esperienza ha dimostrato che le giornate d'operai variano secondo il numero degli animali da tiro che transitano nella strada, e in conformità della seguente tabella.

|        |             |           |                    |      |                        |
|--------|-------------|-----------|--------------------|------|------------------------|
| Per N. | 100 animali | occorrono | giornate di lavoro | 3,50 | al m. c. di pietrisco. |
| »      | 200         | »         | »                  | 3,30 | »                      |
| »      | 300         | »         | »                  | 3,05 | »                      |
| »      | 400         | »         | »                  | 2,85 | »                      |
| »      | 500         | »         | »                  | 2,60 | »                      |
| »      | 600         | »         | »                  | 2,40 | »                      |
| »      | 700         | »         | »                  | 2,15 | »                      |
| »      | 800         | »         | »                  | 1,95 | »                      |
| »      | 900         | »         | »                  | 1,75 | »                      |
| »      | 1000        | »         | »                  | 1,50 | »                      |
| »      | 1100        | »         | »                  | 1,30 | »                      |

Sorpassato il numero di 1100, e qualunque sia la maggior frequenza, rimane costante il lavoro in giornate 1,30 per ogni m. c. di pietrisco.

Oltre il lavoro proveniente dal consumo del pietrisco in causa alla circolazione dei veicoli e degli animali, v'è anche un altro lavoro proveniente dalle riparazioni che richiede la strada in causa alle vicende atmosferiche e al puro passaggio dei pedoni, e al quale corrisponde un numero di giornate d'operai proporzionalmente alla lunghezza della strada.

Da questo numero di giornate, che d'ordinario si valuta da 50 a 150 per chilometro secondo la larghezza della strada, la qualità del terreno, le pendenze longitudinali, e il grado di pulizia o di lusso con cui si vuol tenere la strada medesima, dipende ancora il numero degli operai, il quale si valuta pur esso proporzionale alla lunghezza della strada.

Adunque una strada posta a livello delle campagne che abbia una circolazione di 500 animali da tiro, e la lunghezza di chilometri 5, richiederà un numero d'operai che si determina in base alle giornate di lavoro proporzionali, al consumo annuo del pietrisco per la stessa strada, e alla lunghezza di essa.

Ora il consumo del pietrisco calcolato di buona qualità, e in base alle esperienze del Vallès, ricordate dianzi, è dato in

$$500 \times \frac{25}{100} \times 5 = \text{m. c. } 625;$$

|                                                                                                                                                 |                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| il numero delle giornate è dato,                                                                                                                |                          |
| in proporzione al consumo, da giornate . . . .                                                                                                  | $625 \times 2,60 = 1625$ |
| in proporzione alla lunghezza della strada, e calcolando appena 50 giornate per chilometro come ho avvertito precedentemente, da giornate . . . | $5 \times 50 = 250$      |
| in tutto adunque giornate d'operai . . . . .                                                                                                    | <u>1875</u>              |

Conosciuto così il numero delle giornate d'operai, e sapendo che in media un operaio lavora 300 giorni dell'anno, si avrà il numero degli operai espresso da

$$\frac{1875}{300} = \text{operai } 7.$$

Il numero degli operai si è qui aumentato d'uno, come si deve far sempre tutte le volte che a quoziente della suindicata divisione riescirà un numero frazionario.

Gli stessi operai hanno poi l'obbligo di attendere alla manutenzione anche dei marciapiedi o banchine, e dei fossi delle strade.

I marciapiedi si mantengono in buon stato, o spendendo su di essi della sabbia grossolana, oppure, lo che riesce meglio per la solidità e per l'economia, spendendo i detriti che si levano dalla carriera stradale, dopo però averli bene asciugati e bene sminuzzati.

I fossi infine si mantengono in buon stato, sia conservandoli sgombri dalle macerie e dal pietrisco che vi si potrebbero accumulare, sia rimettendo le cigliature di zolle erbose, affinché l'acqua possa scorrere in essi liberamente, e le scarpe dei fossi rimangano assicurate ed assodate il meglio possibile.

La manutenzione delle strade riguarda ancora tutte le opere d'arte che sono nella strada, e le parti accessorie di essa. La cura però delle une e delle altre è bastantemente consigliato dall'ufficio o dallo scopo di ciascuna, per cui non richiedendo indicazioni speciali, tralascio di occuparmi dettagliatamente dalla cura medesima.

## CAPITOLO II.

### Strade ferrate.

947. CONSIDERAZIONI GENERALI. — Tralasciando la narrazione dei fatti che si riferiscono all'origine e ai progressi della costruzione delle strade ferrate, siccome notissimi a tutti per la maggior parte, mi occupo più particolarmente della materiale costruzione di esse, accennando brevemente al costo di costruzione, manutenzione ed esercizio delle medesime. È quindi a ricordarsi anzitutto che la costruzione di queste strade richiede un limite tale di traffico, sia di viaggiatori che di merci, che per esso possano essere superate le ingenti spese della costruzione medesima, della manutenzione e dell'esercizio.

In sul primo della costruzione di queste strade al limitato traffico, s'aggiungevano potentemente le difficoltà tecniche del tracciato; e forse queste più di quello ritardarono non poche volte la costruzione di vie siffatte.

Di presente però le difficoltà sono sparite; e a provarlo ne bastino le tante vie ferrate costruite da per ogni dove, e sulle quali luminosamente primeggia la via di corto aperta attraverso il *Fréjus*; via che come ora l'arte e il secolo, onora altissimamente ancora gli italiani che soli ne furono i promotori e i costruttori, checchè ne dicano i buoni vicini di Francia.

Il traffico però non limita l'opportunità di una strada ferrata, che quando essa voglia esercitarsi, se così posso dirlo, a mezzo delle locomotive. Le strade ferrate esercitate da cavalli, quelle in altri termini

nelle quali le vetture che vi circolano sono tirate da cavalli, è provato essere assai più vantaggiose anche a traffico limitato delle strade ordinarie, semprechè e il traffico medesimo non si fermi in limiti ristrettissimi, e le località concedano di superare le massime altezze con le pendenze limiti che comportano queste vie.

Determinata quindi l'opportunità d'una via ferrata, è duopo venire al tracciato di essa.

948. TRACCIATO DELLE VIE FERRATE. — Il tracciato delle vie ferrate non differisce nelle sue fasi principali, da quello che indicai per le vie ordinarie, e pur per esso occorrono gli studi preliminari e gli studi definitivi. I primi si compiono sopra una carta topografica della località che deve essere attraversata dalla strada, o sul terreno medesimo in mancanza della carta, e dopo averlo percorso e in lungo e in largo, per così acquistarvi la materiale conoscenza delle principali accidentalità. È da curar sempre però, e tanto nell'uno che nell'altro caso, che la strada comunichi coi principali centri di popolazione e coi centri più industriali e manifatturieri; senza mancare di raggiungere, la minima altezza della località medesima affine di tenere la pendenza longitudinale della strada in quei ristretti limiti che la teoria e la buona esperienza hanno finora consigliato, e la maggior economia sia nelle opere d'arte, ponti, viadotti, gallerie ecc., sia nei lavori di sterro e di riporto, per così soddisfare all'aforismo omai generalmente riconosciuto, di proporzionare la spesa al prodotto presunto del traffico presente ed avvenire.

Compiuti gli studi preliminari, ed approvata la direzione della via in base alle considerazioni suesposte, si addivene agli studi definitivi, dividendo anzitutto la prefissa direzione in tante porzioni, ciascuna delle quali forma un tronco di strada da rilevarsi nel senso longitudinale e trasversale, come ho già avvertito di fare per le strade ordinarie; affine di conoscere le inflessioni tutte del terreno, e la somma degli sterri e dei riporti che è duopo eseguire per raggiungere quel piano di livello in cui si è prefisso precedentemente debba trovarsi il suolo della strada.

In questi studi definitivi, e nella determinazione di questo piano di livello, il costruttore deve soddisfare gelosamente a due massime fondamentali della costruzione delle vie ferrate, e cioè: 1° di non sorpassare un dato limite d'inclinazione o di pendenza della strada fissato già dalla teoria e dall'esperienza; 2° di non-raccordare due allineamenti con una curva di raggio inferiore ad un limite egualmente dato. Fino a che non siano soddisfatte queste due regole, e i lavori d'arte che, si giudicano necessari per la via che si studia, non siano i minori possibili e i più economici, la via stessa non è mai stabilmente definita. A parte le circostanze particolari a cui è duopo soddisfare nel tracciato definitivo d'una

via ferrata, il tracciato medesimo non differisce da quello d'una via ordinaria, per cui anche per esso occorrono, a procedere con maggiore regolarità, le due tabelle già indicate al paragrafo 941 e valevoli pei due profili longitudinale e trasversale.

949. PENDENZE LONGITUDINALE E TRASVERSALE NELLE STRADE FERRATE.

— La pendenza longitudinale potrebbe essere anche in queste strade la più grande possibile, raggiungendo per essa la maggior economia nello sviluppo longitudinale della strada, se per le strade ferrate particolarmente, le difficoltà maggiori nel tragitto, le maggiori spese nell'acquisto di più pesanti macchine e nella manutenzione annua della strada, e infine la teoria stessa non obbligassero ad una pendenza limitata. La pendenza che comunemente s'adotta nei paesi, massime non accidentati con alte montagne, è dal 5 all'8 per 1000; quantunque non sia raro, e sempre per le condizioni topografiche del terreno, che si raggiunga anche il 10, il 12, il 20, il 30 e il 35 per 1000. Un esempio di una sì pronunciata pendenza ne lo offre la ferrovia da Torino a Genova, nella quale, dalla stazione di *Ponte Decimo* a *Bussalla* si corre con una pendenza del 35 per 1000 a cielo scoperto, e del 29 per 1000 dentro la galleria.

Siffatte pendenze però sono giudicate enormi, ed obbligando a maggiori spese d'impianto e di manutenzione, non lasciano di portare soventi spiacevoli conseguenze. Le spese s'aumentano per l'obbligo di tenere costantemente accese delle macchine affine d'attaccarle ai convogli che corrono per le più grandi pendenze, e servire di rinforzo alla macchina che questi conducono. Da ciò consumo di combustibile, aumento di personale, e consumo maggiore delle macchine e delle guide di ferro. Le spese si aumentano, perchè nelle pronunciate pendenze è d'uopo valersi di macchine molto pesanti per favorire l'aderenza delle ruote alle guide, e alla quale è dovuto il moto progressivo del convoglio sulle guide medesime; se non vuolsi che le ruote girino sui loro assi, o sale, senza progredire, come avvenne nei primi tempi della applicazione delle locomotive nelle vie di ferro, e come avviene tuttora nelle forti pendenze, causa la direzione obliqua del peso del convoglio sulle guide. — Sarebbe poi peggio se il tempo fosse alla pioggia o alla neve, dacchè le ruote scivolerebbero sulle guide, e all'impotenza di progredire innanzi, succederebbe il danno peggiore di dover rinculare. — Ciò avverrebbe nell'andata o nell'ascesa della pendenza. Nella discesa si verificherebbe il contrario, e il convoglio progredirebbe con sempre nuovo aumento di velocità da condurre ad inaudite disgrazie. — Gli esempi di queste sono infiniti, e per essa, è consiglio dell'arte d'evitare per quanto è possibile le forti pendenze, o di limitarle a pochi chilometri di via.

Un aumento nei limiti prestabili di pendenza conviene nelle stazioni

estreme, dacchè l'ascesa a cui è obbligato il convoglio diminuisce la sua velocità, e favorisce la fermata; la discesa invece favorisce la partenza aumentando la velocità del convoglio.

L'inclinazione trasversale della strada è d'ordinario del 3 per cento dall'asse della strada inverso i lati, per così favorire lo scolo delle acque. Questa pendenza però non si dà che alla superficie del suolo naturale, su cui si stabilisce la via ferrata, come meglio dirò in avanti.

950. LIMITE DEL RAGGIO DELLE CURVE DA ADOTTARSI NELLE STRADE FERRATE. — Le curve che si adottano nelle vie ferrate per raccordare due allineamenti che andassero ad incontrarsi ad angolo qualunque, sono sempre circolari, ed hanno un raggio estremamente grande a petto del raggio che comportano le medesime curve per le strade ordinarie. I raggi adottati nei primi anni della costruzione delle vie ferrate, avevano costantemente per limite minimo dagli 800 ai 1000 metri. Di presente però il limite stesso giunge insino a 500 metri. Sonovi ancora delle curve di raggio inferiore e precisamente di 300 e 200 metri; però oltre che in queste curve e nelle curve in generale di piccolo raggio, debbesi rallentare la velocità del convoglio, le curve medesime, e limitatamente ai raggi di 200 metri non dovrebbero costruirsi che in vicinanza alle stazioni o nell'interno degli abitati, appositamente perchè in queste due località si vuol diminuire la stessa velocità del convoglio. Due circostanze ne obbligano a descrivere le curve di raccordamento col raggio quanto più grande è possibile, compatibilmente colla spesa di cui s'aumenta la costruzione della via per lo sviluppo maggiore che essa prende in causa alla maggior lunghezza della curva: la forza centrifuga cioè che si svolge nel correre del convoglio per la curva stessa, e la condizione in cui si trovano le ruote delle vetture d'essere a due a due legate invariabilmente alla stessa sala, per cui girano ruote e sala contemporaneamente.

La forza centrifuga tende costantemente a cacciare il convoglio fuori della curva e dalla parte esterna di essa, per cui produce una resistenza al moto che cresce in ragione diretta della velocità del convoglio, e in ragione inversa del raggio di curvatura.

Le ruote s'accoppiano invariabilmente alla sala affine d'impedire la loro deviazione dalle rotaie, ove libere girassero sulla propria sala. Basterebbe difatti che un sasso o altro ostacolo qualunque fermasse una ruota, perchè avvenisse immediatamente la deviazione. Si verificherebbe lo stesso effetto, e anche senza ostacolo di sorta che fermasse una ruota, ove le ruote, mobili sulla loro sala, corressero per una curva; giacchè la ruota esterna sarebbe obbligata a correre e girare più celeremente della ruota interna, essendo la curva esterna più grande della concentrica interna. Essendo invece legate fra loro ed alla sala, quella ruota che

incontra un ostacolo anzichè fermarsi da sola, ferma la sua compagna e conseguentemente la sala; e quella ruota che nelle curve è all'esterno anzichè correre e girare più velocemente, non fa che strisciare sulla ruotaia o sulla guida, producendo un attrito che in parte rallenta il movimento della compagna; quantunque non lasci di danneggiare se medesima e la guida, e tanto maggiormente, quanto più piccolo è il raggio di curvatura.

951. PARTI PRINCIPALI DI CUI È FORMATA UNA STRADA FERRATA. — Le parti principali che costituiscono le vie ferrate sono il *ballast*, le *traverse* e le *ruotaie* o *guide di ferro* su cui circolano le ruote dei vagoni.

952. BALLAST. — Esso è uno strato più o meno alto di materiali permeabili all'acqua, resistenti e meno suscettivi del suolo naturale di deformarsi, come la sabbia grossolana, le ghiaie, le pietre frantumate, i miscugli di laterizii rotti, le scorie, e i minuti pezzi di carbon fossile. Il *ballast*, come dirò nell'*armamento* delle strade ferrate, si stabilisce sopra il suolo naturale e in esso s'incassano le traverse in legname su cui sono infisse le guide di ferro. Lo scopo suo, è non solo di proteggere il suolo naturale e le stesse traversine dalle deteriorazioni che vi porterebbero le vicissitudini atmosferiche, ma ancora di ammortire gli urti e le scosse che sulle traverse o traversine in legname, come vogliansi dire, vi genera il passaggio dei convogli.

953. TRAVERSE O LONGARINE IN LEGNO. — Le traverse, traversine, o longarine in legno, sono solidi parallelepipedi in legname, lunghi da m. 2,50 a m. 2,70, grossi nella sezione da m. 0,14 a m. 0,17, e larghi nella stessa sezione da m. 0,21 a m. 0,28 se intermedie alla lunghezza della guida, da m. 0,30 a m. 0,35 se alle giunture di due guide consecutive. Le traverse valgono a sostenere le ruotaie o guide, e ad impedire ogni movimento di traslazione della via, sia nel senso longitudinale che trasversale. Il miglior legno finora adoperato, segnatamente in Italia, è la quercia rovere, e le traversine di questo legno durano d'ordinario dai 12 ai 15 anni. In mancanza del rovere si possono anche impiegare d'abete e di faggio, purchè prima però preparate col solfato di rame o col creosotto come ho già avvertito al parag. 281, *Libro Primo*. Se le traverse sono di quercia è duopo impiegarle senza l'alburno per ovviare alle deteriorazioni che il tarlo che vi ha sede nascostamente, può portare sul legname; se invece si impiegano d'altro legname preparato, è bene che vi sia anche l'alburno, rimanendo esso più impregnato delle fatte iniezioni.

Adoperando legname preparato, è da avvertirsi che è bene rivestire le traverse di catrame, in quel punto però di contatto colle guide, affine di ovviare alle deteriorazioni che produrrebbe sul legname il contatto della guida e del suo cuscinetto, col legname iniettato di solfato di rame.

In sul primo della costruzione delle vie ferrate, le rotaie o guide di ferro, anzichè sulle traverse si fissavano su dadi o parallelepipedi di pietra naturale; i quali se promettevano una durata eterna, non assicuravano però alla via la stabilità che le assicurano le traverse, spostandosi facilmente le rotaie allo spostarsi dei dadi sotto l'azione dei movimenti sul terreno, cagionati dal passaggio dei convogli, per cui sono di presente totalmente abbandonati.

954. GUIDE DI FERRO. — Le guide sono sbarre di ferro infisse sulle traverse in legno, con l'intermezzo il più delle volte d'un pezzo in ghisa che dicesi cuscinetto; oppure con semplici caviglie o chiodi pure in ferro. Esse sono d'ordinario lunghe da m. 4,50 a m. 6, e sono foggiate a differenti forme, secondo un sistema o tipo differente. I principali fra questi sono il sistema delle guide a doppio fungo, quelle a fungo semplice e il sistema delle *guide Vignole*, *Brunel*, *Barlow* e *Winslow*, secondo il nome del costruttore che le ha per prime adoperate.

Le guide a doppio fungo sono quali le rappresenta la figura 261<sup>a</sup>, che mostra pure il cuscinetto di ghisa con cui si fermano sulle traverse, e il cuneo A di legno posto fra il cuscinetto e la guida affine di meglio assicurare la stabilità.

Esse sono lunghe da m. 4,50 a m. 6, e pesano da 40 a 50 chilogrammi. Comunque si addebitino a queste guide il troppo peso, la poca coincidenza col cuscinetto, quando consumato un fungo si voglia adoperare l'altro capovolgendo la guida, e infine una alterazione nella natura del ferro prodottavi dalla circolazione che si è effettuata sul fungo consumato, pure sono state molto adoperate in Francia, in Inghilterra, e qui stesso in Italia.

Non è molto, un francese, il signor *Barberot*, propose di abbandonare i cuscinetti, e di fissare la guida a doppio fungo direttamente sulla rotaia, fermandovela con due pezzi di legno a sezione quadrata di m. 0,10 di lato, lunghi per m. 0,15 e disposti come lo dimostra la fig. 262.<sup>a</sup> La traversa deve essere incavata secondo la curva del fungo nel luogo ove questo deve riposare; e i pezzi di legno, da una parte s'incastano ad intaccatura con la traversa, dall'altra s'adagiano alla sagoma del fungo alla quale furono prima tagliati, rimanendo stretti alla traversa con caviglie di ferro, come mostra la indicata figura.

Le *guide a semplice fungo* sono quali le rappresenta la fig. 263.<sup>a</sup>, unitamente al cuscinetto di ghisa che le assicura alle traverse. Meglio però di queste guide s'adoperano le così dette guide a *pattino* o a base larga, le quali non differiscono dalle guide *Vignole* che nell'aver il gambo o l'anima d'altezza piccolissima, e a modo da raccordarsi la curva del fungo colla base della guida.



Le *guide Vignole* sono quali le mostra la fig. 261.<sup>a</sup> Esse pesano circa 35 chilogrammi, e sono infisse alle traverse senza intermezzo dei cuscinetti, e solo con chiodi foggiate come li mostra la figura. L'America, a cui appartiene l'autore e costruttore di queste guide, e la Germania hanno impiegato queste guide in parecchie delle loro strade ferrate. Le strade ferrate costruite in Italia da dieci o dodici anni in quà, e fra queste le strade costruite dalla Società delle Meridionali, hanno le guide *Vignole*.

Le *guide Brunel* sono quali le mostra la fig. 263.<sup>a</sup>, foggiate come vedesi, ad *U* rovesciato, ed infisse alla traversa senza intermezzo di cuscinetto, e con chiodi o placche come mostra la stessa figura. Queste guide sono state adoperate in Inghilterra, nel mezzodi della Francia, e nel Granducato di Baden.

Le guide *Barlow*, come le mostra la fig. 266.<sup>a</sup>, sono in forma di *V* rovesciato, e si stabiliscono direttamente sulla massiciata oppure infisse ad una lastra di ferro. In sul primo della loro invenzione riuscirono bene accette in Inghilterra, in Francia e nella Spagna, ma di presente sono abbandonate totalmente.

Infine le *guide Winslow* usitatissime in America e più pregiate delle comuni a doppio fungo, comunque di queste più pesanti e di maggiore difficoltà nella costruzione, sono quali le mostra la fig. 267.<sup>a</sup>. Queste guide si stimano però più resistenti e atte a facilitare e ad addolcire il movimento dei treni.

Di tutti i sistemi però secondo cui si possono costruire le guide o ruotaie di ferro, è a preferirsi il sistema *Vignole*, e anche il sistema a *pattino* sia per il più piccolo peso di esse, sia ancora perchè risparmiano i cuscinetti fissandosi direttamente alle traverse.

955. ARMAMENTO DELLE STRADE FERRATE. — L'armamento delle strade ferrate consiste nel disporre stabilmente sopra il suolo le parti principali che costituiscono le vie ferrate, quindi il *ballast*, le *traverse* e le *guide*. Ora a riuscire in ciò, è duopo aver prima ridotto il suolo naturale a buona sodezza, con le due inclinazioni laterali all'asse della strada come indicai al paragrafo 949, e con l'asse stesso a livello di m. 0,60 al disotto del piano superiore delle guide, dovendo essere altrettanto alto lo strato del *ballast* di cui si deve ricoprire lo stesso suolo.

Il *ballast* poi si costruisce ad incassatura o senza, e con due distinti strati in entrambo i casi. L'incassatura è formata da due piccoli muricciuoli costruiti lateralmente alla via, alti per l'altezza del *ballast*, e inclinati al di fuori per circa  $\frac{1}{5}$  della loro altezza. Spesso e quando il terreno è resistente per sua natura, si fa l'incassatura sul terreno me-

desimo, inclinandolo però come i muri, inverso i fossi che fiancheggiano la strada. I muricciuoli, comunque siano in muratura o in terra, si fanno attraversare in sulla lor base da fossetti aperti in corrispondenza alle giunture di due guide consecutive, quindi di 4, 50 in 6 metri di distanza l'uno dall'altro, per così dar scolo alle acque che hanno attraversato il *ballast* negli stessi fossi collaterali alla strada.

Si faccia quindi o no l'incassatura, se il terreno è sodo, il primo strato di *ballast* si distende sul suolo per un'altezza da 25 a 30 centimetri nel mezzo della strada, si batte con mazzaranghe per assicurargli la maggior stabilità, e s'inclina inverso i fossi ove non vi sia l'incassatura; nei terreni paludosi, e terreni rammolliti dalle acque, questo primo strato di *ballast* si fa alto m. 0, 88 nelle trincee, e m. 0, 75 nei rilevati; nei terreni argillosi infine ed assorbenti, basta anche un'altezza di 40 centimetri, purchè gli sia assicurata una base solida col mantenere asciutto e per una certa profondità il suolo sottostante: sia col mezzo di fogne, sia con altri mezzi di prosciugamento. — Se la profondità del terreno rammollito è considerevole, e i mezzi di prosciugamento riuscissero dispendiosi o di poco effetto, è buon consiglio di stabilire la via ferrata sopra un letto di fascine bastantemente largo, e a modo da ripartire sopra una vasta estensione il peso della strada e dei convogli che vi transitano.

Sul primo strato ora avvertito di *ballast*, si collocano le traverse sulle quali s'innestano poi stabilmente le rotaie, riempiendo l'intervallo che è fra esse collo stesso materiale con cui si fece il primo strato del *ballast*, oppure con sabbia grossolana a strati successivi che si battono colla mazzaranga, e fino all'altezza di m. 0, 20 in m. 0, 30. Da questo strato superiore del *ballast* si deve proscrivere la sabbia fina sia perchè in essa non vi circola bene l'acqua nei tempi di pioggia, sia perchè nei tempi asciutti è facilmente sollevata dal vento, e dalle stesse correnti d'aria prodotta dal passaggio dei convogli, con danno delle locomotive, e con incomodo dei viaggiatori.

Le traverse, come lo dice lo stesso nome, si collocano perpendicolarmente all'asse longitudinale della strada, alla distanza di m. 0, 80 o poco più da asse ad asse, e per modo che ogni guida sia sostenuta da 7 traverse.

Infine le rotaie o guide di ferro si fissano sulle traverse diversamente secondo il diverso sistema a cui s'appartengono. Quando s'adoperano le guide a doppio o a semplice fungo, i cuscinetti che meglio le assicurano alle traverse s'adagiano prima in un incavo apposito praticato nelle stesse traverse affine di meglio assicurarvi i cuscinetti. Due guide che si congiungono debbono avere le due estremità di congiunzione sulla

stessa traversa la quale sarà allora delle più larghe come indicai al paragrafo 956. La congiunzione poi si fa o con un cuscinetto nel caso di guide a funghi, oppure a mezzo di placche di ferro o di ghisa congiunte con bulloni sull'anima delle due guide consecutive. — Quanto è da osservarsi in questa congiunzione si è che le estremità delle guide non si tocchino, ma distino fra loro dai 2 ai 4 millimetri, affine di permettere le dilatazioni che sul ferro producono le temperature estive.

La posa delle guide nella parte delle curve obbliga ad alcune avvertenze particolari. — E in primo luogo è bene avvertire, che se si adoperano le guide a funghi, i cuscinetti delle guide che appartengono alla curva, debbono rimanere sulla traversa inclinati del  $\frac{1}{10}$  affine di opporsi alla spinta che le ruote producono sulle guide, e per la quale le stesse guide tendono ad inclinarsi verso l'esterno della strada. È per ovviare a questa spinta medesima che alcuni consigliano d'inclinare del  $\frac{1}{20}$  gli stessi cuscinetti, anche nelle parti dritte della strada. — Quando si adoperano le guide *Vignole*, conviene rialzare d'alquanto le guide poste alla parte esterna della curva, affinchè la sopraelevazione di livello per quanto piccola, tenda quasi a spingere il convoglio dall'esterno verso l'interno della curva. Sulle strade a grande velocità, e nelle curve a cui rispondono raggi dai 1200 ai 1500 metri, la sopraelevazione della rotaia o guida nella curva esterna è di m. 0,02. L'altra osservazione ad aversi nella posa delle guide sulle curve, è quella di tener più larga alquanto la via, ossia la distanza fra le guide stesse, massimamente nelle curve di piccolo raggio. — Ciò perchè la larghezza vera o reale della strada, si trova ridotta nelle curve alla distanza compresa fra la guida o rotaia interna e la corda passante per i punti di contatto degli orli delle ruote con le guide esterne.

Ciò che ne conviene d'avvertire poi nella posa delle guide, è la larghezza o distanza a cui debbono trovarsi nella parte dritta della via.

956. LARGHEZZA DELLA VIA. — La larghezza della via dipende dal numero dei binari che vi si vogliono stabilire, dalla distanza fra le guide e fra i binarii, e dalla larghezza delle banchine o marciapiedi che fiancheggiano la strada. La distanza fra le guide o rotaie d'un binario è d'ordinario, e segnatamente in Italia, di m. 1,50 o poco più fra asse e asse delle due guide; per cui rimane la distanza di m. 1,44 a m. 1,46 fra le superficie interne delle stesse guide. In altri paesi si sono adottate distanze maggiori fra asse e asse delle due guide d'un binario, giungendo insino a m. 1,70, 1,80, 1,90. Però, se per larghezze tali si può aumentare il peso delle macchine e la loro velocità diminuendo le spese

di manutenzione ed esercizio, pure non sembra sieno questi vantaggi da calcolarsi molto, e per l'aumento di costruzione a cui conducono siffatte larghezze, e per i danni che si possono incontrare con le velocità d'oltre 80 e 100 chilometri all'ora cui si può giungere colle macchine adoperate.

La distanza fra i binari, ossia l'entrovìa, di presente si tiene fra m. 2 e m. 2,20. Essa dipende però dalla larghezza di via di cui si può approfittare e dalla larghezza delle vetture che si adoperano. In generale perciò la distanza fra i binarii deve esser tale, che per essa, non si debbano scontrare due convogli che scorrono sui due binari in senso opposto.

Infine la larghezza delle banchine o marciapiedi varia a seconda della natura del terreno, e della posizione della strada, se in trincea cioè o in rialzo. In generale si dà a questi marciapiedi una larghezza compresa fra m. 1 e m. 2; notando però di tenerla più grande nei terreni in rinterro o in rialzo che nei terreni in trincea. Nel capitolato d'appalto per la costruzione della ferrovia da Roma a Bologna si prescriveva che la larghezza della via, ove esisteva un sol binario doveva essere di m. 4; e dove due binarii, di m. 8 nella parte in elevazione, di m. 6,70 nei tratti in abbassamento o trincea, e di m. 7,40 fra i parapetti dei ponti e nelle gallerie. Infine, e per riguardo al numero dei binari, esso dipende tutto dall'entità del commercio e del transito dei viaggiatori che può effettuarsi sulla stabilità via. In generale, le strade a due binarii si costruiscono quando si effettua un transito di 1000000 di viaggiatori e 500000 tonnellate di merci. Quando il numero dei viaggiatori non sorpassa i 400000, e il numero delle tonnellate di merci è inferiore alle 200000, la strada si fa ad un solo binario, con tratti però di rotaie di scambio eguali d'ordinario, al  $\frac{1}{5}$  o al  $\frac{1}{4}$  della lunghezza della strada.

Perchè poi le strade ad un binario si possano accomodare colla minor spesa possibile ad avere due binarii; quando li richiedano le circostanze dell'aumentato traffico, usasi di acquistare sempre tanto terreno quanto può valere a stabilirvi due binarii, facendovi gli sterri e le opere d'arte egualmente per due binarii; e i rialzi o rinterri per un solo binario, quando uno solo sia il proposto.

La figura 268<sup>a</sup> ne offre l'idea del completo armamento di una via, col *ballast* senza incassatura. È facile poi intendere la figura che presenterebbe l'armamento della via col *ballast* ad incassatura.

957. PARTI ACCESSORIE DELLE STRADE FERRATE. — Gli accessori, o come pur vogliansi dire le parti accessorie delle vie ferrate sono parecchie. Non di tutte però potendo occuparmi per lo scopo di quest'opera, limito il mio studio ai *cambiamenti di via*, agli *incrociamenti*, alle *piattaforme girevoli* e *scorrenti*, o così detti *carri di servizio*, e ai *passaggi a livello*. Dovrei occuparmi di altre parti ancora, fra le quali sono a ri-

cordarsi i ponti e i viadotti, ma oltrechè di molte di esse ho già parlato nel Libro precedente, stimo non sia compito mio lo estenderni maggiormente in un'opera elementare. Solo piacemi d'avvertire in proposito ai ponti e ai viadotti, che essi debbono avere la larghezza e l'altezza in dipendenza della via ferrata che passa sotto o sopra di essi. In generale la larghezza dei *cavalcavia* o sottopassaggi pei quali una strada ordinaria passa sotto alla ferrovia, usasi limitare dai 7 agli 8 metri nelle strade nazionali, dai 6 ai 7 metri per le provinciali, e dai 4 ai 5 metri per le comunali. L'altezza poi sotto la chiave o serraglia del cavalcavia, deve essere almeno di 5 metri per le opere in pietra, e di m. 4,30 sotto le travi per le opere in legname, a contare sempre però dalla massicciata della strada.

Le medesime larghezze sunnotate si adoperano ancora quando la strada ordinaria passa sopra la via ferrata. In questo caso però è duopo avvertire che dal piano o superficie superiore delle guide all'intradosso della volta, siavi tanta altezza da permettere libero il passaggio del convoglio, per cui suolsi d'ordinario lasciare un'altezza libera di m. 5,50 dal piano delle guide all'intradosso della volta, presa sull'asse del ponte.

958. CAMBIAMENTI ED INCROCIAMENTI DI VIA. — I cambiamenti di via sono necessari per condurre un convoglio, da una in altra via, allorquando vi è una biforcazione di strada, e lo richieda il servizio, o la sicurezza dello stesso convoglio, per fuggire l'incontro d'un altro che corra in opposta direzione, o nella direzione medesima, ma con maggiore velocità. I cambiamenti di via o come pur vogliansi gli *sviatoi*, sono semplici o a due vie se permettono la biforcazione d'una strada, doppi o a tre vie se dividono una strada in tre altre. Dicesi poi via principale o diretta, quella che è in continuazione dell'unica via, o di quella in cui vanno a riunirsi due o più altre; diramazione o via di diramazione, quella che dalla diretta si diparte.

Quando poi una via di diramazione attraversa un'altra via, o due vie principali s'attraversano reciprocamente, formano un incrociamiento. Tanto i cambiamenti che gl'incrociamenti di via, nei punti di scontro delle guide, hanno interrotte le stesse guide affine di non obbligare le ruote a scorrere sopra i rialzi che si formerebbero ove si tenessero continue, ed evitare le scosse che ne proverebbero di conseguenza. Per schivare poi che in siffatte interruzioni le ruote dei carri, vagoni e macchine possano deviare, è necessario stabilire di contro agli stessi punti d'interruzione delle porzioni più o meno grandi di guide, le quali diconsi *controguide*. La figura 269<sup>a</sup>, e nelle due parti *A* e *B* ne indica abbastanza chiaramente come si dispongono le controguide, tanto nel caso d'una traversata di strada per cambiamento di via, quanto d'una traversata di via per in-

crociamento. Le traverse a cui sono infisse le guide nelle porzioni di via in cui si verifica un cambiamento o un incrocciamento, sono assicurate fra loro da travi longitudinali, affine di mantenere la stabilità del sistema, e come mostra la suindicata figura. Nella parte *B* poi della figura medesima, il punto *M* formato dall'incontro di due guide interne dicesi cuore dell'incrocciamento. Esso è la parte della via che si consuma più presto, e perciò d'ordinario si costruisce o in acciaio *Bessemer*, o in ghisa indurita con uno dei metodi, o di *Gruson di Magdeburgo*, o di *Gaus d' Osen*.

I cambiamenti di via sono di tre specie, e cioè a *guide mobili*, a *controguide mobili* e a *spine*.

I cambiamenti a *guide mobili* sono i primissimi che s'adoperarono. E conseguentemente sono i più semplici ma i più difettosi, per cui di presente non sono impiegati che nelle vie provvisorie. Essi non richiedono nessuna modificazione al materiale ordinario, traverse e guide, e si costruiscono rendendo mobili le guide della via principale, in quel punto a cui risponde il congiungimento di due altre guide per una nuova via. È a notarsi però che ove le guide non siano collocate convenientemente, è facile produrre lo spostamento del convoglio quando è per entrare nella nuova via. Le stesse guide poi si fanno muovere attorno a caviglie, e a mezzo d'un tirante articolato congiunto alle guide per modo che esse si muovano parallelamente. La figura 270<sup>a</sup> offre in proiezione un cambiamento di via a *guide mobili*.

Nel cambiamento di via a *controguide mobili*, le guide del binario sono fisse stabilmente sulla via, e non sono mobili che le controguide che si pongono di contro alle interruzioni delle guide per il passaggio degli orli delle ruote. Le controguide poi sono mobili attorno a perni verticali situati dal lato opposto dei punti di congiunzione, sono poste internamente al binario, e si muovono a mezzo d'un'asta verticale dipendente, come nel sistema precedente, da una leva esterna al binario. Per dirigere il convoglio in una nuova via, è duopo appoggiare la controguida ad una delle guide fisse, per quindi obbligare l'orlo delle ruote ad entrare fra il punto fisso e la guida esterna, e condurre così il convoglio dal lato ove si vuole. La figura 271<sup>a</sup> offre in proiezione questo nuovo cambiamento di via, il quale se è a preferirsi al primo per la certezza di poter ovviare agli spostamenti delle ruote, è però anch'esso da posporre al cambiamento di via a *spine*, per le scosse a cui esso sottopone materiale e viaggiatori.

La terza specie infine, ossia il cambiamento di via a *spine mobili*, è quello maggiormente adoperato di presente, siccome per esso si ovviano gli spostamenti delle ruote, e le scosse precedentemente avvertite. In

questo sistema le guide esterne delle vie che s'attraversano o s'incrociano, sono continue e stabilmente fissate al terreno; le interne sono terminate a spina, ossia assottigliate alla loro estremità, e tagliate obliquamente e a guisa da applicarsi esattamente alle guide esterne, dette guide contropine, per modo da formare una congiunzione continua. Le guide terminate a spina sono invariabilmente legate fra loro da un tirante di ferro, con cui si muovono le stesse guide a mezzo d'una leva, maneggiata da un operaio, il quale non ha altra cura che d'avvicinare la guida a spina alla guida esterna posta alla sinistra della nuova via, nella quale deve entrare il convoglio in movimento. La leva è poi munita d'un contrappeso per mantenere stabilmente le guide a spina in quella posizione richiesta dalla nuova via che si deve percorrere. La figura 272<sup>a</sup> offre in proiezione orizzontale un cambiamento di via a spine mobili, e in proiezione verticale la leva che maneggia l'operaio per effettuare il cambiamento di via semplice. La figura 273<sup>a</sup> invece mostra il sistema medesimo applicato ad un cambiamento di via doppia, per una via cioè che si divide in tre altre.

959. PIATTAFORME GIREVOLI E PIATTAFORME SCORRENTI. — Entrambe queste due piattaforme servono a far cambiare la via, o a trasportare come vogliasi in altra, sia la sola locomotiva, sia la locomotiva e il *tender*, sia infine uno o più vagoni contemporaneamente. La grandezza loro perciò è proporzionale al servizio che devono compiere. Le prime poi sono circolari, hanno un diametro variabile da 4 a 6 e a 12 metri, e sostengono delle guide disposte a modo di due o di tre binari che s'intersecano, secondo che si vuol trasportare una locomotiva o vagone da una in altra via, che s'incontrano ad angolo retto; oppure si vuol trasportare la stessa locomotiva o vagone da una in un'altra, di due vie che intersecano la prima ad angolo di 60°. Le prime diconsi anche piattaforme girevoli rettangolari o quadrate, perchè l'intersecazione dei due binarii che esse sostengono forma un rettangolo o un quadrato, come presenta la fig. 274<sup>a</sup>; le seconde diconsi piattaforme girevoli esagonali, perchè i binarii che sostengono s'attraversano a modo da formare un esagono regolare come presenta la figura 275<sup>a</sup>.

Tanto le piattaforme girevoli quadrate quanto le piattaforme esagonali sono stabilite a modo da presentare i binari che esse sostengono, allo stesso livello dei binarii delle vie che attraversano, e sono mobili attorno ad un pernio posto nel centro di figura, ruotando attorno ad esso, sostenute da rotelle equidistanti, che scorrono sopra guide circolari del sistema *Brunel*, poste sulla base d'una fossa, la quale viene ricoperta dalla stessa piattaforma.

Per procedere poi ad un cambiamento di via con queste piattaforme,

basta condurre sul mezzo di una di esse, la locomotiva a cui si vuol far cambiar di via, e a mezzo di tre o quattro uomini spingerla d'un angolo tale, per cui le guide su cui essa riposa, vengano a disporsi in proseguimento delle guide di quella via in cui si vuol condurre la locomotiva.

Spesso vi sono più piattaforme girevoli in seguito l'una dell'altra, segnatamente nelle grandi stazioni, attese le molte vie o i molti binari che possono concorrervi.

L'alto prezzo di costo però di queste piattaforme girevoli, e il quale può anche salire a 30000 lire, le fa soventi posporre alle piattaforme scorrenti, quantunque sia limitato il servizio che queste possono rendere.

Le piattaforme scorrenti, o così dette carri di servizio, sono costituite da un robusto tavolato il quale scorre sopra due guide di ferro, stabilite a tale profondità, da tenere lo stesso tavolato al livello medesimo della via. Sul tavolato poi sono stabilite due guide in corrispondenza di quelle di due differenti binarii.

Quando una locomotiva accompagnata o no dal suo *tender*, oppure un vagone, vogliano farsi passare da una in altra via parallele, si fanno giungere sul carretto di servizio, e quindi si spingono in avanti da tre o quattro uomini, fino a far giungere e disporre le guide, sulle quali si trovano le locomotive o il vagone, in proseguimento delle guide della nuova via.

**960. PASSAGGI A LIVELLO NELLE STRADE FERRATE.** — Allorché una strada ferrata attraversa una strada ordinaria, qualunque sia la classe a cui questa appartiene, si forma un *passaggio a livello*, un passaggio cioè dei pedoni e dei veicoli delle strade ordinarie, allo stesso livello della strada ferrata. La costruzione delle strade ferrate però non permetterebbe il passaggio degli ordinari veicoli, senza forti scosse alle persone che vi sono condotte e agli stessi veicoli, causa il rilievo delle guide sulla superficie del *ballast* nell'intermezzo del binario, se non si occultasse il rilievo medesimo, sia inghiaiaando e comprimendo fortemente lo stesso intermezzo a modo da presentare una superficie unita, compatta, e a livello della superficie superiore del fungo della guida; sia anche lastriando lo stesso intermezzo con grosse pietre, la cui superficie superiore rimanga allo stesso livello della superficie del fungo delle guide.

Tanto l'inghiaiaata però quanto le lastre, si rinserrano per tutta la lunghezza del passaggio di livello, in due guide distanti dalle guide principali del binario, di tanto da lasciare una scanalatura in cui scorrerà l'orlo delle ruote dei vagoni e delle locomotive.

I passaggi a livello sono chiusi da rastrelli di legno o da altro mezzo, 10 minuti prima almeno del passaggio d'un convoglio, affine d'impedire nella traversata della ferrovia, il transito dei pedoni, dei veicoli e degli animali sciolti, nel momento in cui passa il convoglio medesimo.



961. SPESE DI COSTRUZIONE DELLE VIE FERRATE. — Le spese di costruzione d'una via ferrata si deducono:

1° Dalle spese generali, nelle quali sono comprese le spese per gli studi del tracciato, le spese d'amministrazione, gli interessi delle azioni od obbligazioni pagate sul capitale nel tempo della costruzione ecc.

2° Dalle spese per l'acquisto del terreno;

3° Dalle spese pei lavori di terra;

4° Dalle spese per le opere d'arte: ponti cioè, viadotti, muri di sostegno ecc.

5° Dalle spese per l'acquisto delle guide, cuscinetti, traverse, caviglie e materiale di ballastaggio;

6° Dalle spese per l'armamento della via;

7° Dalle spese per l'acquisto e la posa degli accessori della via;

8° Dalle spese per la costruzione delle stazioni, loro mobiliare ecc.;

9° Dalle spese infine per l'acquisto del materiale circolante, locomotive cioè, *tender*, carrozze ecc.

Tralasciando la spesa di quest'ultimo articolo mi limito a dare brevi cenni sugli altri sunnotati.

*Spese generali.* Queste è bene dividerle in spese per l'amministrazione, interessi sul capitale ecc.; e spese per gli studi del tracciato. Le prime si valutano differentemente secondo l'importanza della via, l'ammontare del capitale ecc.; le seconde si suddividono in spese pei progetti di massima, e spese pei progetti definitivi (1).

Le spese per le proposte di massima ascendono da 100 a 200 lire per chilometro. Quelle per le proposte definitive costano da 1400 a 2000 lire per chilometro.

Le spese per l'acquisto del terreno sono assai più variabili, dipendendo dalla qualità del terreno, dalle condizioni di località, e dalla larghezza della via: per cui non è possibile esprimerla neppure fra limiti generali.

Anche le spese per i movimenti di terra sono variabilissime secondo la località in cui s'intraprendono, il costo della mano d'opera, e se pur vuolsi la maggiore o minore perfezione dei lavori.

In Francia si calcolano in media fra 60 e 70 mila lire per chilometro di strada. In Italia fra 20 e 30 mila lire per la stessa distanza. Sonovi

---

(1) Le proposte di massima da presentarsi al Ministero per ottenere la concessione, devono comprendere: 1) Un piano generale estratto da carte topografiche appositamente preparate. 2) Uno o più profili longitudinali sulla proposta linea. 3) Un numero occorrente di sezioni trasversali per somministrare un'adeguata idea della configurazione del terreno, e per servire di norma al calcolo del volume approssimativo dei movimenti di terra. 4) Un numero necessario di disegni delle principali opere d'arte. 5) Il calcolo sommario delle spese. 6) Una particolareggiata relazione.

stati lavori però che in Francia hanno costato 106 mila lire al chilometro; in Italia 80 mila lire per la stessa distanza.

La spesa per le opere d'arte si valutano differentemente.

Così per i viadotti si stima che possono costare 2692 lire per metro corrente; per i ponti si stima che possono costare in media 3650 lire per metro corrente; per le gallerie infine si stima che possano costare in media 1380 lire sempre per metro corrente. Questa valutazione di spesa però per le gallerie è fatta in base agli antichi mezzi adoperati nel preparare le mine. Di presente la stessa spesa è aumentata in causa al costo e alle spese che comportano le macchine perforatrici; dispendio questo però, che viene compensato assai dal minor tempo impiegato a compiere il traforo per la galleria, e conseguentemente a porre in esercizio la ferrovia. La galleria testè aperta attraverso il Fréjus è costata circa 6130 lire al metro corrente.

Le spese per l'acquisto delle guide, delle traverse, caviglie o chiodi e *ballast*, unitamente a quelle per l'armamento della via, si valutano assieme e in media si calcola in 70 o 80 mila lire per chilometro di via a due binari, e con le guide *Vignole*; da 35 in 60 mila per lo stesso chilometro, ad un solo binario, e con le stesse guide *Vignole*.

In generale si ritiene, che la spesa del *ballast* sia di questa somma ora annunciata, dal 14 al 20 per 0/0; la spesa per le traverse, guide e caviglie dal 74 all'82 per 0/0; e la spesa per l'armamento della via sia dal 4 al 9 per 0/0.

In queste spese si è anche tenuto conto del valore che può raggiungere la spesa delle vie ausiliarie, segnatamente nelle principali stazioni, e la quale può anche giungere al 33 per 0/0 della spesa totale annunciata per l'acquisto delle guide, traverse ecc., e per l'armamento della via.

Le spese per le parti accessorie variano per le differenti parti. I cambiamenti di via, le piattaforme e i segnali, costano circa 5 a 7 mila lire per chilometro di via a doppio binario. Di questa spesa poi i cambiamenti di via, sono in rapporto del 29 per 0/0; le piattaforme del 67 per 0/0; e i segnali ed altri accessori del 14 per 0/0. La stessa spesa poi si valuta nel rapporto del 5 per 0/0 colla spesa totale per la costruzione della via.

Le altre parti accessorie che si valutano quasi invariabilmente sono le siepi, i passaggi a livello, e le case dei guardiani della via. Ora la spesa delle siepi si calcola in lire 1500 per chilometro di strada; quella dei passaggi a livello si calcola in ragione di 1200 lire per ciascuno; e quella infine delle case dei guardiani o cantonieri, ritenendo che di esse ne occorran 0,64 per chilometro, si valuta in media in lire 3500 per ciascuna.

La spesa infine per le stazioni e per il loro mobiliare, compresi gli utensili delle officine, varia a seconda dell'importanza della stazione. Il *Laboulaye* fissa la spesa delle stazioni di prima classe nel minimo limite di 500000 lire ciascuna; e quella delle stazioni di seconda classe la fa variare fra 100 e 500 mila lire. Di questa spesa poi 0,35 sono per il mobiliare.

La classificazione poi delle stazioni influisce sulla quantità del terreno ad esse necessario.

In generale, e per le considerazioni del *Perdonnet* e del *Polonceau* si ritiene, per le grandi stazioni, che:

1° La lunghezza della stazione propriamente detta per i viaggiatori, non compresa la piazza esterna ed un fabbricato in testa deve essere da 360 a 430 metri; e che per coprire un convoglio di 20 vagoni occorre una lunghezza di tettoia di 200 metri.

2° La superficie necessaria ad un buon servizio per viaggiatori e per merci a grande velocità, deve esser compresa fra 5,50 ed 8 ettari.

3° La superficie coperta soltanto per il servizio dei viaggiatori, deve essere di m. q. 7500 per il fabbricato, e di m. q. 6300 per le tettoie, non comprese le rimesse contigue.

4° La superficie scoperta per ciascuna corsa d'arrivo e di partenza, deve essere di m. q. 3000 a 3500.

5° La superficie coperta per il servizio delle merci a grande velocità, deve essere di m. q. 2000 a 3000; e quella scoperta da 2000 a 4000 m. q.

6° La superficie coperta per il servizio delle merci a piccola velocità, varia da m. q. 25000 a 40000; e la superficie scoperta dev'essere di m. q. 17000, di cui una parte però con marciapiedi.

Per le piccole stazioni, e le stazioni intermedie, la superficie occupata si ritiene in generale, che: 1° per le stazioni di prima classe, occorra per lo meno una superficie di ettari 2,50;

2° per quella di seconda classe, occorra una superficie di ettari da 1,50 a 2;

3° per quelle di terza classe, occorra una superficie di ettari da 0,50 a 1;

4° infine per quelle di quarta classe, occorra una superficie inferiore ad 1 ettaro.

Il *Laboulaye* compendia le spese di costruzione d'una via ferrata a uno o due binarii, e per chilometro di via, nella seguente tabella:

| INDICAZIONE<br>DELLE SPESE                                        | LINEE A UN BINARIO |                      | LINEE A DUE BINARII |                      |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
|                                                                   | Spesa              | Proporzione<br>per ‰ | Spesa               | Proporzione<br>per ‰ |
| Spese generali . . . . .                                          | L. 11,399          | 5,00                 | L. 16,486           | 5,00                 |
| Acquisto di terreni . . . . .                                     | » 30,718           | 13,50                | » 30,718            | 9,30                 |
| Lavori di terra e opere d'arte . .                                | » 75,905           | 33,33                | » 82,390            | 27,10                |
| Parti principali, accessorie, ed<br>armamento della via . . . . . | » 65,850           | 28,90                | » 120,700           | 36,60                |
| Stazioni e loro dipendenze. . .                                   | » 10,000           | 4,40                 | » 14,000            | 4,20                 |
| Spese diverse . . . . .                                           | » 10,103           | 4,40                 | » 10,418            | 3,20                 |
| Materiale mobile o circolante. .                                  | » 24,000           | 10,50                | » 48,000            | 14,60                |
| TOTALE . . .                                                      | L. 227,975         | 100,00               | L. 329,712          | 100,00               |

962. SPESE DI MANUTENZIONE DELLE STRADE FERRATE. — Le spese di manutenzione delle strade ferrate, si distinguono in spese per la parte fissa o stabile, e spese per la parte mobile o circolante.

Tralasciando anche qui di notare le spese della parte mobile, stimando queste al di fuori del compito dell'opera mia, mi limito a dare brevi cenni intorno alla spesa per la manutenzione della parte fissa o stabile. Ora siffatte spese dipendono dal maggiore o minore trasporto che vi si effettua, e dalla velocità adottata nello stesso trasporto. Se la velocità è dai 6 ai 10 chilometri all'ora, ed il carico è di poche tonnellate, la durata delle guide di ferro si calcola dai 12 ai 15 anni, e le spese di manutenzione sono limitate al rinnovamento delle caviglie, dei cunei impiegati nei cuscinetti per fissare le guide alle traverse, e a poche altre spese che si possono ritenere come accidentali. Se poi il carico è considerevole, e lo è del pari la velocità, le spese di manutenzione si aumentano sensibilmente, dovendo cambiare più soventi le guide di ferro su cui avviene la circolazione. L'esperienza consiglia a calcolare in lire 2500 la media delle spese annue per la manutenzione d'un chilometro di via ferrata, nella quale si effettui un trasporto considerevole, e con velocità di 10 in 15 chilometri all'ora; e in lire 1000 la media delle spese annue di manutenzione per chilometro quando il trasporto si effettua con piccoli carichi, e con velocità limitata ai 10 chilometri all'ora per limite massimo.

Anche la durata delle traverse, purchè però di quercia, si calcola fra i 12 e i 15 anni. Le traverse di altro legname non durano più di 6 in 8 anni.

Nel cambio poi delle traverse si perde totalmente il valore primitivo, mentre nel cambio delle guide non si perde che 100 lire per ogni tonnellata; e nel cambio dei cuscinetti non si pagano i nuovi, che in ragione di 50 lire per tonnellata.

963. SPESE D'ESERCIZIO DELLE VIE FERRATE. — Le spese d'esercizio dipendono dalle condizioni del tracciato, se in pianura cioè o in montagna, dal consumo del combustibile, dal deterioramento delle macchine tutte, dalle spese del personale che conduce i convogli, dalle spese dell'amministrazione centrale, dalle spese di trazione, e da tante altre che meglio si dedurranno dal seguente prospetto nel quale senza indicare nessuna somma, ho voluto rappresentare i differenti titoli delle spese annue d'esercizio.

1°

*Amministrazione centrale.*

|                                                                    |          |
|--------------------------------------------------------------------|----------|
| Per medaglio di presenza agli amministratori . . . . .             | L. . . . |
| Stipendio al personale dell'amministrazione centrale . . . » . . . | » . . .  |
| Assicurazioni, affitti e tasse . . . . .                           | » . . .  |
| Spese d'ufficio, stampe, affissioni, ecc. . . . .                  | » . . .  |
| Indennità, pensioni e spese diverse . . . . .                      | » . . .  |

2°

*I<sup>a</sup> Divisione. — Esercizio.*

|                                                                           |         |
|---------------------------------------------------------------------------|---------|
| Stipendio al personale del servizio centrale del controllo, ecc. L. . . . | » . . . |
| Idem al personale delle stazioni. . . . .                                 | » . . . |
| Stampe dei biglietti, e spese d'ufficio . . . . .                         | » . . . |
| Illuminazione e riscaldamento delle stazioni . . . . .                    | » . . . |
| Stipendio al personale d'ispezione, e conduttori dei treni. » . . .       | » . . . |
| Indennità di traslocazione degli impiegati. . . . .                       | » . . . |
| Illuminazione e minute spese dei treni. . . . .                           | » . . . |
| Salario ai facchini delle stazioni . . . . .                              | » . . . |
| Indennità per perdite, o avarie d'effetti . . . . .                       | » . . . |

3°

*II<sup>a</sup> Divisione. — Materiale e officine.*

|                                                                                    |          |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Salario ai macchinisti, fuochisti, ecc. . . . .                                    | L. . . . |
| Combustibile per le locomotive. . . . .                                            | » . . .  |
| Olio, grasso, illuminazione e acqua per le macchine . . . » . . .                  | » . . .  |
| Manutenzione, e grosse riparazioni alle locomotive, carrozze, vagoni, ecc. . . . . | » . . .  |

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| Manutenzione della via. . . . . | L. . . .  |
| Sorveglianza della via. . . . . | » . . . . |

### CAPITOLO III.

#### Strade ferrate economiche.

964. CONSIDERAZIONI GENERALI. — Il bisogno di agevolare il commercio fra i grandi e i piccoli centri di popolazione, quando a questi non sia consentito, per ragione del limitato traffico, di stabilire una via ferrata in quelle condizioni di larghezza di via, e con le ordinarie e pesanti locomotive, ha da gran tempo impegnato i costruttori nello studio di tutti quei mezzi, che permettessero il maggior traffico colla più grande economia, e con la maggior celerità possibile: intendendo tutti, quanto il risparmio del tempo fosse risparmio di moneta, fosse solido guadagno. Ora, non soddisfacendo a questi due bisogni le strade ordinarie, per quanto solida e piana si presentasse la loro carreggiata, e per quanto limitata fosse la sua pendenza longitudinale, si pensò a costruire vie di ferro economiche, non solo in riguardo alla materiale loro costruzione, ma in riguardo ancora al loro esercizio, impiegando per motori, o cavalli, o macchine locomotive, assai più leggiere delle ordinarie, assai più piccole, assai più economiche relativamente al servizio che possono rendere.

Che se in queste nuove ferrovie, se così posso appellarle, non ne è dato di raggiungere l'eccessiva velocità di 80 a 100 e più chilometri all'ora, come ne è concesso nelle ferrovie ordinarie, e colle locomotive *Beugnot* ed *Engert*, ne sono però offerti tali e tanti vantaggi per la economia di costruzione, che per essi ponnosì le ferrovie economiche sostituire alle strade ordinarie, offrendo, più di queste, facilità e prontezza di locomozione.

965. COSTRUZIONE DELLE STRADE FERRATE ECONOMICHE. — La costruzione delle vie ferrate economiche, per ciò che riguarda la direzione della via non differisce punto dalla costruzione delle vie ferrate ordinarie, di quelle cioè nelle quali il trasporto si effettua colle ordinarie locomotive. Differisce però nella condotta dei lavori, nell'armamento, nella larghezza della via, e nei limiti infine di pendenza e nei raggi di curvatura.

E anzitutto, e per l'economia nella condotta dei lavori, occorre che:

1° Siano piccoli quanto più è dato i lavori di terra; per cui debbesi per quanto è possibile seguire le inflessioni del terreno, permettendolo

abbastanza e il maggior limite di pendenza e il minor raggio di curvatura che si concedono per siffatte strade;

2° Si evitino, per quanto è possibile, i grandi lavori d'arte; e se occorrono, si costruiscano colla maggior economia, senza lusso quindi e senza esuberanza di solidità: così consentendo il minor traffico, e richiedendo così la generale economia dell'opera.

Quando, come spesso avviene, e come avvertirò in avanti, si stabiliscano queste nuove strade nella stessa piattaforma delle strade ordinarie si risparmieranno i lavori d'arte, valendosi di quei medesimi che le stesse strade ordinarie presenteranno.

3° Sia infine limitata la via ad un solo binario, e limitato il numero delle stazioni e delle case cantoniere e da guardiani, per così tener limitato il personale di servizio; potendo lo stesso capo-treno incaricarsi della vendita e ritiro dei biglietti in tutti quei punti, così detti *fermate*, nei quali si credesse conveniente il carico e lo scarico dei viaggiatori e delle merci.

L'armamento e la larghezza della via, sono altre circostanze che fanno differire la costruzione delle vie ferrate economiche da quella di già studiata delle strade ferrate ordinarie. Difatti per l'armamento delle nuove vie, e dietro i buoni risultati ottenuti in Francia, in Inghilterra e in Germania, le guide da adoperarsi debbono essere del sistema *Vignole*, lunghe 6 metri, e del peso di 20 a 24 chilogrammi per metro corrente di guida. Le traverse possono essere tenute alla distanza variabile dai m. 0,90 ai m. 1,25; e il primo strato del *ballast* può essere alto dai m. 0,15 ai m. 0,20. In media quindi si calcola in lire 27000 il costo per chilometro dell'armamento di simili ferrovie. La larghezza poi del binario, varia secondo che vogliasi costruire la via o fuori della piattaforma delle strade ordinarie esistenti, oppure sopra una porzione della piattaforma di queste strade. Nel primo caso la larghezza del binario si suole limitare fra m. 4 e m. 4,20, tenendo la larghezza della via fra m. 3 e m. 3,50; nel secondo caso la larghezza del binario è d'ordinario fra i m. 0,80 e m. 1, e la larghezza della via fra m. 2,50 e m. 3.

Infine l'altra circostanza accennata per raggiungere la maggior economia nella costruzione delle nuove vie ferrate, viene data dall'aumento nel limite di pendenza, e dalla diminuzione del raggio di curvatura.

Ora, tanto la pendenza che il raggio di curvatura variano secondo che la via ferrata è stabilita con sezione ridotta ma fuori da una via ordinaria, oppure è stabilita sulla piattaforma di siffatte vie. Nel primo caso la pendenza massima suolsi tenere fra i 42 e i 16 millimetri per metro, e il raggio di curvatura fra gli 80 e i 200 metri; nel secondo caso tanto la pendenza quanto il raggio di curvatura seguiranno i limiti fissati per

la strada ordinaria in cui si stabilisce la ferrovia. La pendenza però delle strade ordinarie, e quantunque si abbiano esempi di pendenze del 50 e del 60 per 1000, non dovrebbero essere normalmente maggiori al 25 per 1000, quando su di esse si vogliano costruire delle vie ferrate economiche. Il raggio poi di curvatura in queste strade ordinarie non deve mai essere inferiore ai 30 metri.

L'economia di queste nuove vie ferrate non deve solo risultare dalla loro costruzione, ma sibbene anche dall'esercizio e dalla manutenzione, assorbendo queste spese grandissima parte del reddito che offre il traffico che vi si effettua. È duopo perciò, limitare i trasporti e il servizio al solo giorno, ridurre la velocità a non più di 35 in 40 chilometri all'ora, adottare sempre treni misti di 2<sup>a</sup> e di 3<sup>a</sup> classe, ammettendo donne alla vendita dei biglietti nelle stazioni che si saranno costruite, e affidare infine anche a donne, o a ragazzi, la custodia dei passaggi a livello.

966. MOTORI PER LE VIE FERRATE ECONOMICHE. — I motori per le vie ferrate economiche possono essere, come già dissi, i cavalli, o le locomotive. Nel primo caso è duopo imbrecciare solidamente il mezzo della carreggiata, o meglio anche selciarla, o lastricarla a mezzo di dadi di buona pietra, perchè così i cavalli vi possano fermare i piedi, e camminare con sicurezza e facilità; nel secondo caso hanno da adoperarsi macchine *tender* a quattro ruote, pesanti da 10 a 15 tonnellate per le strade la cui larghezza di binario sia fra m. 1 e m. 1,20; e da 6 a 10 tonnellate per le strade aventi larghezza di binario dai m. 0,80 ai m. 1.

Circa poi alla preferenza di questi motori, è opinione comune degli uomini più pratici che, quantunque sia minore la spesa di primo acquisto dei cavalli a petto di quella delle macchine *tender*, pure riuscendo queste maggiormente utili, e per il continuato e più grande servizio di cui sono capaci, e per la maggiore facilità di superare, a parità di circostanze, prolungate pendenze eccezionali, siano sempre a preferirsi le macchine *tender* ai cavalli. A proposito di questa opinione, l'ingegnere *Cottrau* in un suo pregiato opuscolo sulle ferrovie provinciali e comunali da costruirsi in Italia, non si peritò di aggiungere che « la cattiva riuscita della maggior parte delle ferrovie a cavalli, deve piuttosto attribuirsi alla cattiva scelta del motore, anziché alla cattiva amministrazione o alla insufficienza del traffico. »

967. OPPORTUNITÀ DELLE VIE FERRATE ECONOMICHE, E PREZZO DI TRASPORTO NELLE VIE ORDINARIE E NELLE VIE FERRATE ECONOMICHE A SECONDA DEL GENERE DI MOTORE CHE S'IMPIEGA. — L'opportunità delle vie ferrate economiche è tutta in dipendenza dell'importanza del traffico, riguardo al reddito chilometrico che esso può offrire. In generale si ammette, che



quando questo reddito chilometrico del traffico sia compreso fra le 3 e le 4 mila lire, le strade ferrate economiche siano opportunissime, e conseguentemente da preferirsi sempre alle strade provinciali, e alle stesse strade comunali.

Il prezzo poi di trasporto sulle due strade ordinarie ed economiche, si ritiene generalmente essere di L. 0,20 per chilometro di strada e per tonnellata nelle vie ordinarie; di L. 0,065 per L. 0,072 per chilometro di strada e per tonnellata di carico nelle vie ferrate a cavalli; infine di L. 0,018 per L. 0,022 per le stesse unità di lunghezza e di peso nelle vie ferrate con locomotive.

---

## LIBRO DECIMO.

---

### Stima d'un' opera d' arte.

#### CAPITOLO UNICO.

968. CONSIDERAZIONI GENERALI. — La stima d'un' opera d' arte è un complesso d'operazioni analitiche allo scopo di determinare il valore reale dell'opera medesima. Ora, o la stima precede la costruzione dell'opera e dicesi allora preventiva, valendo a stabilire preventivamente la spesa occorrente alla definitiva esecuzione dell' opera; oppure succede alla definitiva costruzione, e dopo un dato tempo che è stata compiuta, e vale allora a determinare il valore reale dell'opera nello stato in cui essa si trova, e nell'epoca in cui si compie la stima.

La stima preventiva è necessaria per quante opere d'arte vogliansi innalzare, potendo per essa, come giustamente ne avverte il *Cavaliere San Bertolo* « valutare l'entità dell'impegno che si è per assumere, e » bilanciare l'entità medesima con l'importanza del fine proposto, coi » vantaggi conseguibili, e soprattutto coi mezzi finanziari di cui si può » disporre. »

La stima successiva all'opera, è necessaria all'incontro quando vogliasi determinare il valore reale di questa sia per espropriazione libera o forzata, sia per poterne valutare il suo reddito annuo, sia infine per tradurne in danaro effettivo una parte del capitale corrispondente al valore reale dell'opera. Comunque però si proceda ad una stima, preventiva cioè, o successiva ad un'opera d'arte, la stima medesima dipende sempre, in

parte da fatti incontestabilmente stabiliti per misure razionali o geometriche delle opere elementari e dei materiali tutti che compongono l'opera d'arte di cui occorre la stima, in altra parte da una serie di fatti che solo l'esperienza e lo studio, possono insegnare ad apprezzare giustamente.

Questi fatti poi risguardano la conoscenza dei materiali e del rispettivo loro valore per una data unità di misura; la conoscenza di tutte le varietà di lavori da eseguirsi, o che si furono eseguiti, secondo che la stima precede o succede l'opera d'arte a valutarsi; infine la conoscenza dei metodi e delle condizioni tutte da osservarsi per la perfetta esecuzione di qualunque lavoro o opera elementare.

969. DETERMINAZIONE DELLA STIMA PREVENTIVA D'UN'OPERA D'ARTE. — La stima preventiva d'un'opera d'arte dipende da due circostanze speciali, quali sono: 1° il valore del suolo occupato; 2° le spese per la costruzione materiale delle opere tutte elementari, e dei lavori tutti che occorrono a compiere la proposta opera d'arte.

Il valore del suolo dipende da parecchie circostanze; quali, la natura del terreno, il genere di coltivazione, la maggiore o minore vicinanza ai centri di popolazione, l'esposizione, e il maggiore o minor grado di richiesta.

Le spese di costruzione invece variano a seconda delle differenti opere elementari di cui si compone la proposta opera d'arte. In generale però esse si desumono la mercè tre operazioni principali, comunemente conosciute sotto l'appellativo, di *computo metrico*, *analisi dei prezzi*, e *stima delle opere d'arte*.

970. COMPUTO METRICO. — Esso consiste in una completa ed ordinata enunciazione della quantità delle opere elementari, e dei lavori tutti che occorrono alla costruzione, dell'opera proposta, determinate le une e gli altri a numero, o come più generalmente avviene, a misura di volume, di superficie, di lunghezza, o di peso, secondo l'indole particolare e propria d'ogni lavoro. Comunque poi si determini la quantità delle differenti opere, è duopo sempre determinare di ciascuna le dimensioni di lunghezza, larghezza, e altezza o profondità, affine di poterne dedurre analiticamente i valori corrispondenti, e aver buone norme nella costruzione od esecuzione d'ogni singola opera.

A procedere con maggiore regolarità nella compilazione del *computo metrico*, usati comunemente di classificare tutte le opere elementari in tante categorie, da registrarsi in apposite tabelle, seguendo l'ordine d'esecuzione delle stesse opere, e ciascuna da suddividersi in tanti articoli secondo che lo comportino, o le modificazioni che subisce una stessa opera elementare, o le differenti quantità della stessa specie. Limitandomi quindi ad una casa civile:

La prima categoria comprenderà le opere di sterro e di rinterro; entrambe da misurarsi a volume. Essa poi si suddivide in tanti articoli per quante sono le differenti opere di sterro e di rinterro che occorrono, e sia per qualità differente di terreno, sia per differente distanza a cui debbonsi trasportare gli sterri, sia infine per la differente profondità di sterro, o differente altezza di rinterro. D'ogni singolo sterro però e rinterro occorre indicarne sempre le dimensioni di lunghezza, larghezza, e profondità od altezza, affine, come già dissi, di avere sicure norme nell'esecuzione di ciascuna suddivisione dell'opera elementare a cui è intestata la categoria principale, e determinarne meglio il costo o prezzo unitario.

La seconda categoria comprenderà le murature, e anch'essa verrà suddivisa in tanti articoli per quante sono, in una parola, le differenti murature a costruirsi. Anche di tutte le murature, e individualmente per ciascuna, occorre di determinare le dimensioni di lunghezza, grossezza, e profondità, per quindi col prodotto di queste tre dimensioni ottenere il volume, che è la misura delle murature.

Spesso, nel determinare la quantità delle murature che occorrono, non si tien calcolo dei vuoti e dei vani delle finestre, computando questi per muri pieni, in compenso del lavoro che richiedono le differenti strombature degli stessi vuoti, e diminuendo per tal modo gli articoli di questa categoria, o il computo per le murature, comunque si aumenti il volume di esse. Si ritenga però che questo procedimento non è il più razionale, e che, segnatamente quando non sono troppo vicini i vani o i vuoti, si accresce di tanto la muratura, da rendere considerevole il dispendio a cui esso obbliga.

La terza categoria abbraccerà i lavori in legname, da suddividersi poi in tanti articoli differenti per le opere differenti di legname che occorrono, tetti, solai cioè, armato delle scale ecc., da misurarsi per la sola lunghezza, o anche per volume a seconda del genere del lavoro.

La quarta categoria comprenderà le scale, le quali si computano differentemente secondo il genere differente di loro costruzione; e a misura di lunghezza dei gradini, o a numero dei gradini stessi, non mancando anche per essi di notarne le differenti dimensioni di lunghezza, larghezza, e altezza.

La quinta categoria comprenderà la copertura del tetto propriamente detta, compresa l'orditura su cui essa riposa, la quale si computerà a metri quadrati. L'incavallatura però del tetto si computa spesso a parte, e a metri cubi.

La categoria sesta abbraccerà i lavori da falegname, ed essa comprenderà tanti articoli per quante opere o lavori differenti si debbono costruire; come portoni, serrande di porta e finestre, persiane o gelosie ecc.

La categoria settima comprenderà le opere da fabbro ferraio, le quali si valuteranno a peso o a numero, secondo il genere del lavoro.

La categoria ottava le opere di pavimentazione, da misurarsi anch'esse a metri quadrati.

La categoria nona infine abbraccerà le opere di imbiancatura e verniciatura, se pure di esse non se ne fanno due categorie a parte, computandole entrambe a metro quadrato.

Non è poi a credere che l'ordine delle categorie qui riferite sia tassativo, venendo, a dir vero, l'ordine stesso suggerito in generale da quello con cui si debbono succedere le opere elementari, e i lavori tutti che valgono a completare la proposta opera d'arte.

971. ANALISI DEI PREZZI. — L'analisi dei prezzi è la serie dei prezzi delle unità di misura adoperate per le differenti opere o lavori elementari, che concorrono a compiere la proposta opera d'arte.

Anche l'analisi, come il computo metrico, e a procedere con la maggiore regolarità, classifica le singole opere in categorie differenti, le quali seguono l'ordine medesimo seguito nel computo metrico, registrandosi come in questo in apposita tabella che s'intitola dalla stessa analisi.

Ora i prezzi delle unità di misura delle differenti opere elementari, sono costituiti dal valore o importo primitivo del materiale, dal prezzo della mano d'opera, fattura o lavorazione degli operai, dal costo o valore dei mezzi necessari per l'esecuzione dell'opera, e infine dalle spese accessorie, le quali comprendono le spese di sorveglianza, d'amministrazione e garanzia del lavoro, nonchè di beneficio del capitale impiegato.

Il valore o importo primitivo del materiale, varia non solo per la qualità e quantità che di questo si richiede per l'unità di misura, ma ancora per la quantità che si perde nel trasportarlo al luogo del lavoro, nell'apparecchiarlo, e infine nell'adoperarlo. Ora, siffatto importo alcune volte viene determinato dalle consuetudini o dall'esperienza, altre volte è duopo valutarlo con particolare analisi, dipendentemente dalle spese per gli elementi e per le preparazioni che occorrono a formare gli stessi materiali: come avviene ad esempio per le malte, per il calcestruzzo, per le vernici ecc.; dalle spese di trasporto; dai diritti di dazio o di dogana; dai diritti o benefizii che competono al proprietario del fondo, del quale occorra servirsi o per passaggio, o per farvi il deposito dei materiali ecc.; infine dipendentemente ancora dalle spese di estrazione o di fabbricazione.

Conosciuto il prezzo elementare, si deduce il prezzo dell'unità di misura adoperata per ogni singola opera o lavoro, col prodotto del prezzo elementare d'importo del dato materiale, per la quantità necessaria del materiale medesimo a formare la stessa unità di misura.

Il prezzo di questa unità per quanto dissi, varia ancora col prezzo o valore della mercede o salario dell'operaio che la deve confezionare, e col tempo che egli vi impiega. Ora il prezzo della mercede varia a seconda delle circostanze dei luoghi e dei tempi, della difficoltà ed importanza del lavoro, della fatica a cui è obbligato ciascun operaio, secondo la sua capacità, e infine anche a seconda del rapporto fra la domanda e l'offerta.

Chi soccorre però il costruttore in questa bisogna, sono le consuetudini del luogo per riguardo al valore della mercede d'un abile operaio, e l'esperienza propria o quella di altri, che pur può essergli nota, e per lavori consimili, e per riguardo al tempo necessario alla confezione dell'unità di misura d'una data opera o d'un dato lavoro.

Questo tempo poi alcuni lo valutano a giornate, ma come osserva giustamente il *Cavaliere San Bertolo*, è assai meglio valutarlo a ore, e ridurre quindi il numero delle ore in numero di giornate. Per tal modo, quali si vogliano essere le abitudini o le condizioni del luogo, il tempo necessario alla confezione d'una data unità di misura si esprime sempre con un numero determinato di giornate o di ore, come torna più vantaggioso. — In qualunque caso, il prezzo dell'opera prestata da qualunque lavorante, per la confezione della unità di misura di un dato lavoro, sarà espresso dal prodotto del valente della mercede o salario giornaliero od orario, per il tempo impiegato alla confezione medesima.

Il prezzo d'ogni data unità di misura di lavoro o di opera, s'augmenta ancora per le spese occorrenti a provvedere i mezzi necessari per la lavorazione, cioè strumenti, attrezzi, cordami ecc. Queste spese però, comunque variabili, d'ordinario si stimano in  $\frac{1}{10}$  della spesa occorrente per la confezione d'ogni unità di misura, d'opera o lavoro, valutata e per l'importo del materiale, sua lavorazione ecc., e per la mercede o salario dell'operaio; per cui se l'unità stessa costava 5 lire ad esempio, per materiale e mano d'opera, si calcolerà in ragione di 5, 50 per le spese accessorie.

Lo stesso prezzo infine d'una data unità di misura d'opera o lavoro, s'augmenta ancora per le così dette spese accessorie, le quali comprendono le spese di sorveglianza, d'amministrazione, di garanzia del lavoro, di beneficio delle somme impegnate dall'intraprenditore ecc. Anche queste spese però sono variabili; ma d'ordinario, e per limite massimo si calcolano nel  $\frac{1}{10}$  del prezzo della stessa unità di misura, valutato per l'importo dei materiali, e per la mercede dovuta all'operaio che l'ha confezionata. Il prezzo adunque indicato nel suesposto esempio, s'augmenterà di altri 50 centesimi, e l'unità di misura, di opera o di lavoro che all'esempio stesso si riferisce, costerà non più 5, 50, ma 6 lire.

È da avvertirsi in ultimo, che la tabella in cui dissi già doversi registrare le differenti categorie di opere e lavori, che per la rispettiva unità di misura debbono presentare il rispettivo prezzo, dev'esser sempre preceduta dalla nota dei prezzi corrispondenti agli elementi delle singole opere o lavori, unitamente a quella delle mercedi giornaliere od orarie dei differenti operai che occorrono per la proposta opera d'arte, quasi a giustificazione dell'analisi medesima.

972. STIMA DELLE OPERE O DEI LAVORI. — Eseguito il cómputo metrico, e determinata l'analisi dei prezzi, si ottiene facilmente la stima dei lavori, col prodotto del prezzo riscontrato per ogni unità di misura, d'opera o lavoro elementare, per il numero, che delle stesse unità, e per ciascuna specie d'opera o lavoro, è stato precedentemente determinato nel cómputo metrico.

Determinato quindi il prezzo o valore d'ogni singola opera, è facile lo intendere che la stima preventiva che si ricercava ne viene offerta dalla somma totale dei singoli prezzi delle rispettive opere.

A procedere ora con la maggior regolarità, occorre, anche per la stima delle opere, compilare una tabella nella quale le opere stesse siano segnate seguendo l'ordine tenuto nella compilazione del cómputo metrico, e dell'analisi dei prezzi; e corrispondentemente ad esse siano segnati i prezzi unitari, i prezzi parziali per le parziali opere che formano articoli differenti d'una stessa categoria, e infine il prezzo totale d'ogni singola categoria, per avere nella somma dei prezzi di queste, l'ammontare della spesa totale, ossia il valente preventivo dell'opera d'arte da erigersi.

973. DOCUMENTI CHE ACCOMPAGNANO LA STIMA D'UN'OPERA D'ARTE. — Determinata così la stima preventiva d'un'opera d'arte, occorre accompagnarla con documenti speciali, quali una *relazione*, i *tipi* o *disegni dell'opera*, e infine un *capitolato*.

La *relazione*, vale ad esporre e ad enunciare le ragioni tutte per le quali è occorso di edificare l'opera d'arte di cui si è data la stima preventiva; la località e la natura o qualità del terreno in cui s'innalza l'opera; l'utilità e la convenienza di essa; infine la forma, le dimensioni dell'insieme e delle singole parti, e la descrizione minuta di esse.

I *disegni* o *tipi dell'opera*, valgono a far meglio conoscere le forme e il modo di costruzione. Perciò essi conterranno le ortografie e icnografie principali, non che tutte quelle sciografie che meglio possono valere a far intendere l'interna disposizione e costruzione dell'opera; e infine una leggenda su ogni disegno per dichiarare l'uso e il servizio cui fu destinato ogni particolare ambiente; non mancando al tempo stesso di notare nei tipi, le dimensioni delle differenti parti principali e secon-

darie, affinchè per esse si desuma sempre meglio il cómputo metrico delle varie categorie di lavoro.

Infine il *capitolato d'appalto*, e quando ad un appalto per l'esecuzione dell'opera s'addivenga, vale a denotare l'oggetto dell'appalto, la designazione, la forma e le principali dimensioni dell'opera proposta; il modo di eseguimento o di costruzione d'ogni singola categoria d'opere o di lavori; la qualità e provenienza dei materiali, e l'ordine a seguirsi nell'esecuzione di questi lavori; infine il prezzo dei singoli lavori o delle singole opere, il modo di loro valutazione, e le norme per la relativa contabilità. Lo stesso capitolato poi, deve significare esplicitamente e chiaramente, l'ammontare della garanzia provvisoria da depositarsi per potersi presentare all'incanto o alla licitazione dell'opera a costruirsi; la misura dell'aggio da corrispondere a colui che im prende la costruzione dell'opera stessa, e sulle somme dal medesimo anticipate per lavori o provviste di materiali; l'ammontare delle rate da pagarsi all'imprenditore dei lavori, in corso dei medesimi, e in ragione della loro costruzione, tenendo anche in conto i materiali esistenti nel luogo dello stesso lavoro, entro però un determinato limite da stabilirsi a seconda delle circostanze; l'ammontare del compenso da pagare allo stesso imprenditore per la manutenzione delle opere a cui fosse obbligato; il modo da usarsi nella misura e nella valutazione dei lavori eccezionali; il tempo entro cui dovranno essere terminati tutti i lavori; la multa in cui incorrerà l'imprenditore, quando oltrepassasse il tempo assegnatogli per il termine dei lavori medesimi; l'obbligo nell'appaltatore di presentare quando sia opportuno un suo supplente per il caso di sua assenza per causa qualunque; infine il tempo entro il quale si deve effettuare la collaudazione di tutti i lavori, a datare dalla completa loro ultimazione, accertata mediante un certificato di chi dirige l'opera (1).

**974. MODI CON CUI SI AGGIUDICA AD UN INTRAPRENDITORE LA COSTRUZIONE DELLE OPERE D'ARTE.** — Compiuta la stima d'un'opera d'arte, se ne aggiudica la sua costruzione ad uno o più intraprenditori con uno dei seguenti modi:

1° o per *appalto* provocato dietro una gara che si tiene pubblicamente fra più intraprenditori, i quali fanno un ribasso d'un tanto per cento sulla somma complessiva della stima preventiva; aggiudicandosi l'esecuzione dell'opera, a quello fra gli intraprenditori, che offre il maggior ribasso sul valente della stima.

(1) Queste norme per la compilazione della relazione, tipi o disegni dell'opera, e capitolato d'appalto, le ho tolte dal *Regolamento per la compilazione dei progetti relativi al servizio affidato al Real Corpo del Genio Civile*, stimando, che le norme medesime vengano anche ad essere seguite da qualunque particolare ufficio d'arte, a cui possa essere ordinata la costruzione d'un'opera qualunque.

2° o per *licitazione privata*, nel qual caso si effettua il ribasso, e avviene la stessa gara, ma fra intraprenditori chiamati privatamente, dalla persona, o dall'ente morale cui incombe la spesa di costruzione dell'opera;

3° o per *trattativa privata*, nel qual caso la costruzione dell'opera viene offerta ad un intraprenditore di fiducia della persona, o dell'ente cui incombe la spesa.

I francesi, ai due ultimi modi che sono speciali per l'Italia, sostituiscono i tre seguenti:

1° per *serie di prezzo*, e per cui uno o più intraprenditori s'impegnano a costruire l'opera d'arte, in ragione d'un tanto per unità di misura di ciascuna specie di lavoro;

2° per *regia*, quando la persona o l'ente morale cui incombe la spesa di costruzione, s'incarica di per sé di condurre i lavori, pagando essa operai, sorvegliatori, direttori ecc.;

3° in *regia interessata*, quando la persona o l'ente morale cui incombe la spesa di costruzione, lascia ai direttori dei differenti cantieri di lavoro, una parte dell'economia fatta nell'esecuzione, dell'opera, sull'ammontare della stima preventiva. Vuolsi però, che questo modo non offra sufficiente garanzia di buona esecuzione dei vari lavori.

975. DETERMINAZIONE DELLA STIMA SUCCESSIVA AD UN'OPERA D'ARTE. — Quando la stima succede alla costruzione d'un'opera d'arte, essa si determina:

1° o in base al costo di costruzione;

2° o in base al valore dell'area occupata, e a quello dei materiali impiegati;

3° o in base infine al reddito che da essa si trae.

Limitando anche lo studio della stima successiva alla stima d'una casa civile, come feci già per la stima preventiva, eccomi a indicare il procedimento a seguire per ciascuno degli accennati casi.

976. CIRCOSTANZE CHE DETERMINANO ALLA STIMA SUCCESSIVA PER COSTO DI COSTRUZIONE, PER VALORE D'AREA E DI MATERIALI, E PER CAPITALE DEL REDDITO EFFETTUAZIONE DELLA STIMA IN CIASCUNO DI QUESTI DIFFERENTI CASI. — 1° Seguendo il *Cavaliere San Bertolo*, una casa debbe stimarsi per costo di costruzione, quando occorra di demolire la stessa casa, e di doverne costruirne un'altra che soddisfa ai bisogni ai quali rispondeva la casa a demolirsi, qualunque sia il movente che obblighi alla detta demolizione. È ovvio difatti, che se per la demolizione della casa si è obbligati a surrogarlene un'altra, la stima della casa a demolirsi ha da esser fatta in base alla spesa che occorrerebbe per costruire di nuovo la casa medesima. Si procede quindi alla stima della casa a de-



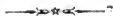
molirsi, determinando la stima preventiva d'una nuova casa, la quale abbia ad occupare un'area eguale per località e grandezza, e sia costruita con le forme e dimensioni che presenta la casa a demolirsi.

2° Una casa ha da stimarsi per costo d'area e materiali, o come pur dicesi comunemente a *costo di sito e di cemento*, quando produca un reddito tale che capitalizzato, offra nel capitale medesimo, una somma inferiore al valore dell'area occupata e dei materiali impiegati.

La stima d'una casa, a costo d'area e di materiali, s'effettua però valutando l'area occupata, e i materiali che si ritraggono, calcolando questi nello stato in cui si trovano, e che si possano recuperare; e deducendo poi dalla somma di questi due valori, la spesa che hanno importato, la demolizione, le operazioni tutte necessarie a rendere i materiali in quello stato in cui furono valutati, e lo sgombero dell'area medesima dai rottami, o da quali si vogliano altre materie. — Il valore dell'area viene d'ordinario modificato dalla località in cui si trova, e dalla natura del terreno; il valore invece dei materiali si determina in base alle dimensioni che essi presentano, alle deduzioni che l'arte e l'esperienza possono fare al loro valore primitivo, sia per riguardo al servizio che già hanno reso, sia riguardo all'uso e servizio che possono rendere ancora, sia infine al prezzo primitivo di loro costo.

3° Infine, una casa si stima per conto di reddito, quando se ne voglia conoscere il suo valore reale: sia per tradurne in moneta o altro valore una parte di esso, sia per servire di base al prezzo di vendita della casa stessa per divisioni di famiglia ecc. Si procede quindi alla stima della casa determinando il valore di essa in base al valore dell'area occupata e dei materiali impiegati, non che del lavoro e delle opere tutte elementari che la compongono; per cui si procede alla stima, nel modo stesso che, opererebbe per procedere alla stima preventiva di essa. Si determina quindi il valore estrinseco della casa dietro il reddito ricavato dalle pigioni od affitti, regolato ad un tanto per metro quadrato di superficie degli ambienti occupati, capitalizzando il reddito stesso al 6 per cento, e sottraendo da questo capitale, quello che corrisponde alla media delle spese di manutenzione della casa medesima, calcolata per nove anni, e capitalizzata al 5 per cento. Il residuo, unito al valore ricavato dalla stima primitiva fatta della casa, offre una somma, la cui metà è il valore, o la stima reale della casa stessa.

# APPENDICE



## **Relazione, Tipi, Computo metrico, Analisi dei prezzi, Stima, e Capitolato d'appalto d'una Casa civile.**

A meglio istruire il lettore sull'entità dei documenti che accompagnano la stima di un'opera d'arte, ho voluto presentarli qui tutti, relativamente alla proposta di costruzione di una Casa civile, che nelle tavole I<sup>a</sup>, II<sup>a</sup> e III<sup>a</sup> viene rappresentata colla icnografia, ortografia, e sciografia.

Amo però prevenire il lettore, che la proposta che presento, non ha per base l'esecuzione reale e materiale, sibbene lo scopo d'un saggio, per servire di norma e di guida in tutte le circostanze, che l'esecuzione vera dovrà essere lo scopo della proposta.

È perciò, che dai documenti stessi, e segnatamente dal computo metrico, non ponnosi rilevare i lavori ed opere tutte d'arte, che la mia proposta richiederebbe, e la stima o valore effettivo che le dovrebbe rispondere. Mirando a presentare un saggio di tutte le opere o lavori necessari, ho curato di non tralasciare almeno i più importanti per il genere della proposta che ho fatto, affine di riuscire il meglio possibile nell'intento che mi sono prefisso con questa Appendice, di guidare cioè il lettore nella compilazione dei documenti principali, che accompagnar debbono tutte le proposte per le opere d'arte che gli saranno richieste.



**UFFICIO D'ARTE**  
DEL PERITO COSTRUTTORE N. N.

---

PROVINCIA DI .....

CIRCONDARIO DI .....

**Proposta d'una Casa Civile**

---

**RELAZIONE**

---

.....<sup>(1)</sup> addi .... 18 ..

**Il Perito Costruttore**  
N. N.

(1) Qui si scrive il nome della città o paese in cui ha sede l'ufficio d'arte.

**NB.** — Dalla relazione dovranno risultare i motivi della proposta, e la corrispondenza dell'opera collo scopo prefisso; le difficoltà di esecuzione e i mezzi escogitati per superarle; infine i vantaggi e gli inconvenienti delle diverse combinazioni, che si potrebbero o si vorrebbero adottare, per giustificare la scelta, sotto il doppio punto di vista, tecnico ed economico.

In particolare poi, la relazione dovrà dare chiara e precisa nozione di tutte quelle opere, e di tutti quei fatti che non possono risultare dai disegni, e che avessero influenza sulla riuscita della proposta. Deve indicare esattamente la località in cui si erige l'opera proposta, la sua orientazione per riguardo alla facciata principale, e l'area che deve occupare.

Infine la descrizione delle parti tutte di cui si compone, o degli ambienti che contiene, illustrando così, e piano per piano, trattandosi di case civili, le parti numerate o segnate con lettere, nella pianta o icnografia della casa proposta.

*Addi . . . . . 18 . .*

**Il Perito Costruttore**

**N. N.**

**UFFICIO D'ARTE**  
DEL PERITO COSTRUTTORE N. N.

---

PROVINCIA DI .....

CIRCONDARIO DI .....

**Proposta di una Casa Civile**

---

**TIPI**

---

..... <sup>(1)</sup> addì .... 18 ..

**Il Perito Costruttore**  
N. N.

(1) Città in cui risiede l'ufficio d'arte.

NB. I tipi corrispondenti alla proposta, sono nelle tavole I, II e III.



**UFFICIO D'ARTE**  
**DEL PERITO COSTRUTTORE N. N.**

PROVINCIA DI .....

CIRCONDARIO DI .....

**Proposta di una Casa Civile**

**COMPUTO METRICO**

**PARTE I<sup>a</sup> — OCCUPAZIONI DI TERRENI.**

---

..... <sup>(1)</sup> addi .... 18 ..

**Il Perito Costruttore**  
**N. N.**

(1) Città in cui risiede l'Ufficio d'Arte.



Indennità da corrispondere oltre al valore del terreno occupato, o detrazione da fare a questo valore per vantaggi speciali ed immediati alla parte del fondo non occupata.

Annotazioni

Titolo della INDENNITÀ o della DETRAZIONE

Ammontare della

Indennità

Detrazione

Addi . . . . . 18 . .

**Il Perito Costruttore**

N. N.



**UFFICIO D'ARTE**  
**DEL PERITO COSTRUTTORE N. N.**

PROVINCIA DI .....

CIRCONDARIO DI .....

**Proposta d'una Casa Civile**

**COMPUTO METRICO**

**PARTE 2.<sup>a</sup> — OPERE D'ARTE E LAVORI DIVERSI**

..... *addi* ..... 18 ..

**Il Perito Costruttore**  
**N. N.**

| N. d'ordine<br>della<br>Categorie<br>degli<br>Articoli  | INDICAZIONE DELLE OPERE D'ARTE<br>E DEI LAVORI DIVERSI                                                                                                     | Di<br>Lunghezza |
|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>OPERE D'ARTE</b>                                     |                                                                                                                                                            |                 |
| <b>Scavi per fondazione dei muri della Casa.</b>        |                                                                                                                                                            |                 |
| 1                                                       | 1 Per fondazione dei quattro muri perimetrali . . . . .                                                                                                    | m. 41.60        |
|                                                         | 2 Per fondazione dei due muri trasversali per la scala . . .                                                                                               | m. 17.60        |
|                                                         | 3 Per fondazione del muro trasversale di destra . . . . .                                                                                                  | m. 4.00         |
|                                                         | <i>Totale scavi per fondazione . . . . .</i>                                                                                                               | —               |
| <b>Scavi per fondazione del pozzo nero.</b>             |                                                                                                                                                            |                 |
| 4                                                       | Per fondazione della base del pozzo nero, essendo a segmento sferico, con superficie di m. q. 0.6044, e lunga per                                          | m. 2.70         |
|                                                         | Per fondazione della camera dello stesso pozzo . . . . .                                                                                                   | m. 2.70         |
|                                                         | A dedursi lo scavo computato pei muri di fondazione perimetrali, e per la parte che di essi s'appoggia sulla volta del pozzo nero . . . . .                | m. 1.70         |
|                                                         | <i>Restano scavi per pozzo nero . . . . .</i>                                                                                                              | —               |
| <b>Scavi per fondazione del pozzo d'acqua potabile.</b> |                                                                                                                                                            |                 |
| 5                                                       | Essendo il pozzo stesso cilindrico, e con                                                                                                                  |                 |
|                                                         | Diametro di base m. 1.40 ( . . . . .                                                                                                                       | —               |
|                                                         | Profondità m. 4.00 ( . . . . .                                                                                                                             | —               |
|                                                         | A dedursi lo scavo computato pei muri di fondazione perimetrali, per la parte che dei muri stessi s'unisce alla canna o cortina del pozzo d'acqua, essendo |                 |
|                                                         | Superficie: segmento d'unione, m. q. 0,2438 ( . . . . .                                                                                                    | —               |
|                                                         | Profondità dell'unione, m. 1,10 ( . . . . .                                                                                                                | —               |
|                                                         | <i>Restano scavi per pozzo d'acqua potabile . . . . .</i>                                                                                                  | —               |

| MENSIONI  |         | PRODOTTI    | SOMME<br>e<br>deduzioni<br>parziali | QUANTITÀ<br>per<br>ogni Categoria | Annotazioni                                                                                                                             |
|-----------|---------|-------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Larghezza | Altezza |             |                                     |                                   |                                                                                                                                         |
| m. 0.60   | m. 1.10 | m.c. 27.456 |                                     |                                   | Gli sterri saranno trasportati nelle adiacenze dei pubblici scarichi, i quali si suppongono distanti dal luogo del lavoro di 620 metri. |
| m. 0.60   | m. 1.10 | m.c. 11.616 |                                     |                                   |                                                                                                                                         |
| m. 0.45   | m. 0.60 | m.c. 1.080  |                                     |                                   |                                                                                                                                         |
| —         | —       | —           | m.c. 40.152                         | m.c. 40.152                       |                                                                                                                                         |
| —         | —       | m.c. 1.632  |                                     |                                   |                                                                                                                                         |
| m. 1.70   | m. 2.60 | m.c. 11.934 | m.c. 13.566                         |                                   |                                                                                                                                         |
| m. 0.60   | m. 1.10 | m.c. 1.122  | m.c. 1.122                          |                                   |                                                                                                                                         |
| —         | —       | —           | —                                   | m.c. 12.444                       |                                                                                                                                         |
| —         | —       | m.c. 6.429  |                                     |                                   |                                                                                                                                         |
| —         | —       | m.c. 0.268  |                                     |                                   |                                                                                                                                         |
| —         | —       | —           | m.c. 6.161                          | m.c. 6.161                        |                                                                                                                                         |

| N. d'ordine<br>Categorie<br>degli<br>Articoli |   | INDICAZIONE DELLE OPERE D'ARTE<br>E DEI LAVORI DIVERSI                                                                                                                                                                                 | DI<br>Lunghezza         |
|-----------------------------------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
|                                               |   | <b>Muratura a mezza materia (1).</b>                                                                                                                                                                                                   |                         |
| 2                                             | 1 | Muratura per le fondazioni, in volume eguale alla somma dei volumi notati agli articoli 1, 2, 3 della 1 <sup>a</sup> categoria .                                                                                                       | —                       |
|                                               | 2 | A dedursi il volume del semicilindro compreso dalla porzione di volta del pozzo nero, e suo vano, per la porzione di muro che s'appoggia sulla stessa volta, essendo:<br>Diametro 1½ cilindro m. 1.70<br>Lunghezza 1½ cilindro m. 0.60 | —                       |
|                                               | 3 | A dedursi il volume del segmento d'unione col muro del pozzo d'acqua potabile . . . . .                                                                                                                                                | —                       |
|                                               |   | <i>Resta muratura a mezza materia . . . . .</i>                                                                                                                                                                                        | —                       |
|                                               |   | <b>Muratura di mattoni nuovi.</b>                                                                                                                                                                                                      |                         |
| 3                                             | 1 | Murature laterali del pozzo nero . . . . .                                                                                                                                                                                             | m. 5.40                 |
|                                               | 2 | Muri di fronte dello stesso pozzo composti ciascuno:<br>D'un semicircolo superiore m. q. 0,4757<br>» rettangolo interno m. q. 1,65<br>» segmento inferiore m. q. 0,2510<br>e lunghi in tutti e due . . . . .                           | m. q. 2,3767<br>m. 0.60 |
|                                               |   | <i>Resta muratura mattoni nuovi per fondazione . . . . .</i>                                                                                                                                                                           | —                       |
|                                               | 3 | Muratura dei 4 muri perimetrali del pian terreno . . . . .                                                                                                                                                                             | m. 42.20                |
|                                               | 4 | Muratura dei 2 muri trasversali della scala nel pian terreno . . . . .                                                                                                                                                                 | m. 18.20                |
|                                               | 5 | Muratura del muro trasversale alla parte destra del pian terreno . . . . .                                                                                                                                                             | m. 4.00                 |
|                                               | 6 | Muratura dei 4 muri perimetrali del primo piano . . . . .                                                                                                                                                                              | m. 42.80                |
|                                               | 7 | Murature per 2 timpani laterali . . . . .                                                                                                                                                                                              | m. 20.00                |
|                                               | 8 | Muratura d'equilibrio per il cornicione delle due facciate, essendo la stessa muratura a forma di prisma triangolare . . . . .                                                                                                         | m. 24.00                |
|                                               | 9 | Muratura dei due muri trasversali di sinistra e di destra nel primo piano . . . . .                                                                                                                                                    | m. 4.15                 |
|                                               |   | <i>Totale muratura mattoni nuovi . . . . .</i>                                                                                                                                                                                         | —                       |

(1) Diconsi muri di mezza materia, quelli costrutti con mattoni nuovi, mescolati per metà con mattoni, quali

(2) A vero dire, non avrei dovuto trascurare i vani delle finestre e delle porte, tanto del primo quanto dei questi vani, i quali è facile lo intendere che debbono calcolarsi, nel prodotto del volume d'un vano d'una data muratura prima calcolato.

| MENSIONI  |         | PRODOTTI    | SOMME<br>e<br>deduzioni<br>parziali | QUANTITÀ<br>per<br>ogni Categoria | Annotazioni                                                                                                                                                                                        |
|-----------|---------|-------------|-------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Larghezza | Altezza |             |                                     |                                   |                                                                                                                                                                                                    |
| —         | —       | m.c. 40.152 | m.c. 40.152                         | m.c. 39.658                       | I muri degli articoli 3° e 6° della 3ª categoria, si sono calcolati pieni, perchè il maggior volume compensi, i lavori di spigolature e strombature, che occorrono alle porte e alle finestre. (2) |
| —         | —       | m.c. 0.226  |                                     |                                   |                                                                                                                                                                                                    |
| —         | —       | m.c. 0.268  |                                     |                                   |                                                                                                                                                                                                    |
| —         | —       | —           |                                     |                                   |                                                                                                                                                                                                    |
| m. 0.30   | m. 1.50 | m.c. 2.430  | m.c. 3.856                          | m.c. 3.856                        |                                                                                                                                                                                                    |
| —         | —       | m.c. 1.426  |                                     |                                   |                                                                                                                                                                                                    |
| m. 0.45   | m. 4.16 | m.c. 79.998 |                                     |                                   |                                                                                                                                                                                                    |
| m. 0.45   | m. 4.16 | m.c. 34.070 |                                     |                                   |                                                                                                                                                                                                    |
| m. 0.30   | m. 4.16 | m.c. 4.992  | m.c. 344.641                        | m.c. 174.641                      |                                                                                                                                                                                                    |
| m. 0.30   | m. 3.16 | m.c. 40.574 |                                     |                                   |                                                                                                                                                                                                    |
| m. 0.30   | m. 0.90 | m.c. 5.400  |                                     |                                   |                                                                                                                                                                                                    |
| m. 0.20   | m. 0.18 | m.c. 8.640  |                                     |                                   |                                                                                                                                                                                                    |
| m. 0.15   | m. 3.16 | m.c. 1.967  | m.c. 344.641                        | m.c. 174.641                      |                                                                                                                                                                                                    |
| —         | —       | —           |                                     |                                   |                                                                                                                                                                                                    |

si ricavano dall'a demolizione di vecchi muri.

secondo piano. Ho però trascurato di calcolarli unicamente per diminuirli il lavoro materiale del computo di specie per il numero di essi della specie medesima. Ottenuto il volume dei vasi, si sottrae dal volume della

| N. d'ordine                             |   | INDICAZIONE DELLE OPERE D'ARTE                                                                                                                                                                                                                         | Di        |
|-----------------------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| delle<br>Categorie<br>degli<br>Articoli |   | E DEI LAVORI DIVERSI                                                                                                                                                                                                                                   | Lunghezza |
| <b>Incoltellate o tramezzi.</b>         |   |                                                                                                                                                                                                                                                        |           |
| 4                                       | 1 | Muratura trasversale alla scala . . . . .                                                                                                                                                                                                              | m. 2.20   |
|                                         | 2 | Muro divisorio del camerino dietro la scala . . . . .                                                                                                                                                                                                  | m. 3.00   |
|                                         |   | <i>Totale incoltellate . . .</i>                                                                                                                                                                                                                       | —         |
| <b>Plattabande, archi, e volte.</b>     |   |                                                                                                                                                                                                                                                        |           |
| 5                                       | 1 | Per N.º 13 piattabande nel pian terreno, e cioè N. 11 per le finestre, e N. 2 per le porte interne laterali all'andito A; avendo tutte il giunto d'imposta inclinato di 60º coll'intradosso della piattabanda, la grossezza di metri 0.30, e . . . . . | m. 1.00   |
|                                         | 2 | Per N.º 16 piattabande nel primo piano, e cioè N. 12 per le finestre, e N. 4 per le porte interne; avendo anche queste il giunto d'imposta inclinato di 60º coll'intradosso della piattabanda, una grossezza di m. 0.30, e . . . . .                   | m. 1.00   |
|                                         |   | <i>Totale superficie piattabande . . .</i>                                                                                                                                                                                                             | —         |
|                                         | 3 | Arco a tutto sesto sul portone d'ingresso, dello spessore di m. 0.30, del diametro di m. 1.40, . . . . . $\frac{2 \pi R}{2}$                                                                                                                           | m. 2.20   |
|                                         | 4 | Per N. 11 archi di scarico, o sordini, sulle finestre del pian terreno, essendo tutti gli archi a pieno centro, con spessore di m. 0.15, e con diametro di m. 1, . . . . . $\frac{2 \pi R}{2}$                                                         | m. 31.54  |
|                                         | 5 | Per altri 2 archi di scarico, sulle finestre intermedie dei prospetti laterali nel piano superiore, essendo ciascuno a pieno centro, con lo spessore di m. 0.15, e col diametro di m. 1 . . . . . $\frac{2 \pi R}{2}$                                  | m. 6.28   |
| 6                                       | 6 | Arco di base del pozzetto nero, con la corda di m. 1.10 e la sacca di m. 0.20, essendo la lunghezza dell'arco sviluppato di m. 1.19 e la lunghezza della base . . .                                                                                    | m. 2.70   |
|                                         |   | <i>Totale superficie archi . . .</i>                                                                                                                                                                                                                   | —         |



| MENSIONI  |         | PRODOTTI   | SOMME<br>e<br>deduzioni<br>parziali | QUANTITÀ<br>per<br>ogni Categoria | Annotazioni |
|-----------|---------|------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| Larghezza | Altezza |            |                                     |                                   |             |
| —         | m. 7.32 | m.q. 16.10 |                                     |                                   |             |
| —         | m. 4.20 | m.q. 12.60 |                                     |                                   |             |
| —         | —       | —          | m.q. 28.70                          | m.q. 28.70                        |             |
| m. 0.45   | —       | m.q. 5.85  |                                     |                                   |             |
| m. 0.30   | —       | m.q. 4.80  |                                     |                                   |             |
| —         | —       | —          | m.q. 10.65                          | m.q. 10.65                        |             |
| m. 0.45   | —       | m.q. 0.99  |                                     |                                   |             |
| m. 0.45   | —       | m.q. 15.24 |                                     |                                   |             |
| m. 0.30   | —       | m.q. 18.88 |                                     |                                   |             |
| —         | —       | m.q. 3.11  |                                     |                                   |             |
| —         | —       | —          | m.q. 38.22                          | m.q. 38.22                        |             |

| N.d'ordine                              |                                                                                                                                                                                                        | INDICAZIONE DELLE OPERE D'ARTE                                                                                                                       |  | DI        |      |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------|------|
| della<br>Categorie<br>degli<br>Articoli |                                                                                                                                                                                                        | E DEI LAVORI DIVERSI                                                                                                                                 |  | Lunghezza |      |
| 7                                       | Vòlta a botte a pieno centro per copertura, del pozzetto nero, avendo lo spessore di m. 0,30 il diametro di m. 1,10 . . . . . $\frac{2 \pi R}{2}$                                                      |                                                                                                                                                      |  | m.        | 3.45 |
| 8                                       | A dedursi la superficie della bocca per l'espurgo del pozzo nero, avendo una lunghezza d'arco di m. 0,70 ed essendo lunga m. 0,70 . . . . .<br>(1) <i>Resta superficie concava vòlta a botte</i> . . . |                                                                                                                                                      |  | —<br>—    |      |
| <b>Breccia.</b>                         |                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                      |  |           |      |
| 6                                       | 1                                                                                                                                                                                                      | Per la camera B * . . . . .                                                                                                                          |  | m.        | 9.10 |
|                                         | 2                                                                                                                                                                                                      | Per l'andito A, il corridoio che sta sotto le due branche di scala, e i due camerini F, G . . . . .                                                  |  | m.        | 9.10 |
|                                         | 3                                                                                                                                                                                                      | Per le due camere C e D . . . . .                                                                                                                    |  | m.        | 8.80 |
|                                         | 4                                                                                                                                                                                                      | Per le soglie delle porte e finestre del pian terreno, a calcolo . . . . .                                                                           |  | —         |      |
|                                         | 5                                                                                                                                                                                                      | A dedursi il volume computato per il focolare, pozzo d'acqua potabile, e sedile della latrina, a calcolo . .<br><i>Resta volume breccia in</i> . . . |  | —<br>—    |      |
| <b>Pavimenti a pian terreno.</b>        |                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                      |  |           |      |
| 7                                       | 1                                                                                                                                                                                                      | Pavimento per la camera B . . . . .                                                                                                                  |  | m.        | 9.10 |
|                                         | 2                                                                                                                                                                                                      | Pavimento per l'andito A, per il corridoio che è sotto le due branche di scala, e per i due camerini F e G . .                                       |  | m.        | 9.10 |
|                                         | 3                                                                                                                                                                                                      | Pavimento per le due camere C e D . . . . .                                                                                                          |  | m.        | 8.80 |
|                                         | 4                                                                                                                                                                                                      | Pavimento per le soglie delle porte e finestre, a calcolo.                                                                                           |  | —         |      |
|                                         | 5                                                                                                                                                                                                      | A dedursi il pavimento computato in più per le località del pozzo d'acqua potabile, del focolare e del sedile della latrina, a calcolo . . . . .     |  | —         |      |
|                                         |                                                                                                                                                                                                        | <i>Resta pavimento a pian terreno in</i> . . .                                                                                                       |  | —         |      |

(1) Le piattaforme, gli archi, e le vòlte, si sarebbero potute determinare anche in volume. Ne ho determinati in base al metro quadrato superficie, come riferito all'analisi dei prezzi.

| MENSIONI  |         | PRODOTTI   | SOMME<br>e<br>deduzioni<br>parziali | QUANTITÀ<br>per<br>ogni Categoria | Annotazioni |
|-----------|---------|------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| Larghezza | Altezza |            |                                     |                                   |             |
| m. 2.70   | —       | m.q. 9.31  |                                     |                                   |             |
| —         | —       | m.q. 0.49  |                                     |                                   |             |
| —         | —       | —          | m.q. 8.82                           | m.q. 8.82                         |             |
| m. 4.00   | m. 0.25 | m.c. 9.100 |                                     |                                   |             |
| m. 2.20   | m. 0.25 | m.c. 5.005 |                                     |                                   |             |
| m. 4.00   | m. 0.25 | m.c. 8.800 |                                     |                                   |             |
| —         | —       | m.c. 1.050 |                                     |                                   |             |
| —         | —       | m.c. 0.860 | m.c. 23.955                         |                                   |             |
| —         | —       | —          | m.c. 0.860                          | m.c. 23.095                       |             |
| m. 4.00   | —       | m.q. 36.40 |                                     |                                   |             |
| m. 2.10   | —       | m.q. 19.11 |                                     |                                   |             |
| m. 4.00   | —       | m.q. 35.20 |                                     |                                   |             |
| —         | —       | m.q. 4.20  |                                     |                                   |             |
| —         | —       | m.q. 3.45  | m.q. 91.91                          |                                   |             |
| —         | —       | —          | m.q. 3.45                           | m.q. 91.46                        |             |

nato però la superficie, siccome è costumanza fra i pratici, di determinare l'analisi del prezzo di loro costruzione

| N. d'ordine                      |                                      | INDICAZIONE DELLE OPERE D'ARTE                                                                                           |          | DI        |
|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------|
| delle<br>Categorie               | degli<br>Articoli                    | E DEI LAVORI DIVERSI                                                                                                     |          | Lunghezza |
| <b>Solai.</b>                    |                                      |                                                                                                                          |          |           |
| 8                                | 1                                    | Solaio nella camera B . . . . .                                                                                          | m. 9.10  |           |
|                                  | 2                                    | Solaio sul pianerottolo H, sui due camerini F e G, e sull'andito A . . . . .                                             | m. 5.80  |           |
|                                  | 3                                    | Solaio sulle due camere C e D . . . . .                                                                                  | m. 8.80  |           |
| <i>Totale solai . . .</i>        |                                      |                                                                                                                          | —        |           |
| <b>Soffitti.</b>                 |                                      |                                                                                                                          |          |           |
| 9                                | 1                                    | Soffitto sulla Camera B . . . . .                                                                                        | m. 9.30  |           |
|                                  | 2                                    | Soffitto sull'andito A, e sul pianerottolo H. . . . .                                                                    | m. 2.90  |           |
|                                  | 3                                    | Soffitto sulla Camera C . . . . .                                                                                        | m. 4.60  |           |
|                                  | 4                                    | Soffitto sulla gabbia della scala, e del camerino Q. . . . .                                                             | m. 9.30  |           |
|                                  | 5                                    | Soffitto sulle 4 camere O, P, R, S . . . . .                                                                             | m. 18.20 |           |
| <i>Totale soffitti . . .</i>     |                                      |                                                                                                                          | —        |           |
| <b>Tetto.</b>                    |                                      |                                                                                                                          |          |           |
| 10                               | 1                                    | Tetto a due falde, larghe ciascuna m. 5.66 compresi m. 0.28 di sporgenza . . . . .                                       | m. 12.58 |           |
|                                  | <i>Totale superficie tetto . . .</i> |                                                                                                                          |          | —         |
| <b>Intonaco.</b>                 |                                      |                                                                                                                          |          |           |
| 11                               | 1                                    | Intonaco nei due prospetti principali. . . . .                                                                           | m. 24.00 |           |
|                                  | 2                                    | Idem nei due prospetti laterali non compresi i 2 timpani . . . . .                                                       | m. 20.00 |           |
|                                  | 3                                    | Intonaco nei 2 timpani . . . . .                                                                                         | m. 20.00 |           |
|                                  | 4                                    | » nelle 4 pareti della camera B. . . . .                                                                                 | m. 26.20 |           |
|                                  | 5                                    | Intonaco nelle 8 pareti delle due camere C e D . . . . .                                                                 | m. 37.60 |           |
|                                  | 6                                    | Idem nelle pareti della gabbia della scala, compresi l'andito A, i pianerottoli H ed N, ed i camerini F, G, e Q. . . . . | m. 23.00 |           |
|                                  | 7                                    | Idem delle 16 pareti delle 4 camere O, P, R, S. . . . .                                                                  | m. 71.36 |           |
| <i>Totale intonaco . . .</i>     |                                      |                                                                                                                          | —        |           |
| <b>Imbiancatura.</b>             |                                      |                                                                                                                          |          |           |
| 12                               | 1                                    | Imbiancatura come all'intonaco . . . . .                                                                                 | —        |           |
|                                  | 2                                    | Imbiancatura come ai soffitti categoria 9 <sup>a</sup> . . . . .                                                         | —        |           |
| <i>Totale imbiancatura . . .</i> |                                      |                                                                                                                          | —        |           |

| MENSIONI  |         | PRODOTTI    | SOMME<br>e<br>deduzioni<br>parziali | QUANTITÀ<br>per<br>ogni Categoria | Annotazioni |
|-----------|---------|-------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| Larghezza | Altezza |             |                                     |                                   |             |
| m. 4.00   | —       | m.q. 36.40  |                                     |                                   |             |
| m. 2.20   | —       | m.q. 12.76  |                                     |                                   |             |
| m. 4.00   | —       | m.q. 35.20  |                                     |                                   |             |
| —         | —       | —           | m.q. 84.36                          | m.q. 84.36                        |             |
| m. 4.20   | —       | m.q. 39.06  |                                     |                                   |             |
| m. 2.40   | —       | m.q. 6.96   |                                     |                                   |             |
| m. 4.20   | —       | m.q. 19.32  |                                     |                                   |             |
| m. 2.40   | —       | m.q. 22.32  |                                     |                                   |             |
| m. 4.20   | —       | m.q. 76.44  |                                     |                                   |             |
| —         | —       | —           | m.q. 164.10                         | m.q. 164.10                       |             |
| m. 11.32  | —       | m.q. 142.40 |                                     |                                   |             |
| —         | —       | —           | m.q. 142.40                         | m.q. 142.40                       |             |
| —         | m. 6.96 | m.q. 167.04 |                                     |                                   |             |
| —         | m. 7.32 | m.q. 146.40 |                                     |                                   |             |
| —         | m. 0.90 | m.q. 18.00  |                                     |                                   |             |
| —         | m. 4.00 | m.q. 104.80 |                                     |                                   |             |
| —         | m. 4.00 | m.q. 150.40 |                                     |                                   |             |
| —         | m. 6.96 | m.q. 160.10 |                                     |                                   |             |
| —         | m. 7.00 | m.q. 499.52 |                                     |                                   |             |
| —         | —       | —           | m.q. 1246.26                        | m.q. 1246.26                      |             |
| —         | —       | —           | m.q. 1246.26                        |                                   |             |
| —         | —       | —           | m.q. 164.10                         |                                   |             |
| —         | —       | —           |                                     | m.q. 1410.36                      |             |

| N. d'ordine<br>delle<br>Categorie<br>de' lavori<br>d'edifici | INDICAZIONE DELLE OPERE D'ARTE<br>E DEI LAVORI DIVERSI                                                                                                                            | Di<br>Lunghezza |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>LAVORI DIVERSI</b>                                        |                                                                                                                                                                                   |                 |
|                                                              | <b>Portone d'ingresso.</b>                                                                                                                                                        |                 |
| 1                                                            | N. 2 gradini di bevola, uno lungo m. 2.20, e largo m. 0.40, l'altro lungo m. 2.80, e largo m. 0.30 . . . . .                                                                      | —               |
|                                                              | <b>Scala a sbalzo (1).</b>                                                                                                                                                        |                 |
| 2                                                            | N. 12 gradini di travertino per branca, lunghi ciascuno m. 1.45 compresa la parte incastrata nel muro di m. 0.35 . . . . .                                                        | —               |
|                                                              | <b>Ringhiera d'appoggio alla scala.</b>                                                                                                                                           |                 |
| 3                                                            | QUADRI pei 4 diritti principali della scala, alti ciascuno m. 1.02 compresi m. 0.08 da murarsi nel gradino e dello spessore di m. 0.035 . . . . .                                 | m. 4.08         |
|                                                              | Corrispondenti al peso di . . . . .                                                                                                                                               | —               |
|                                                              | DRITTI N. 48 di tondino, alti ciascuno m. 1.00 compresi m. 0.06 da murarsi nei gradini, e col diametro di m. 0.025 . . . . .                                                      | m. 48.00        |
|                                                              | Corrispondenti al peso di . . . . .                                                                                                                                               | —               |
|                                                              | VERGA o RIGHETTA di congiunzione superiore dei detti dritti, larga per m. 0.04, e grossa per m. 0.005, compresa la parte infissa nel muro del pianerottolo del 1° piano . . . . . | m. 8.72         |
|                                                              | Corrispondente al peso di . . . . .                                                                                                                                               | —               |
|                                                              | <i>Totale chilogrammi di ferro . . . . .</i>                                                                                                                                      | —               |

(1) La scala si sarebbe potuta anche costruire, o sopra una volta di muratura, o sopra un'armatura o so gradini stessi in muratura, e colla pedata di lastra di pietra naturale. Il computo metrico della scala, avrebbe rente per l'armato; più la muratura dell'alzato dei gradini, nel caso non si facessero tutti di pietra naturale, e si computa anche il soffitto che occorre per ricoprire lo stesso armato sulle differenti branche della scala.

Variato il computo metrico per la scala, varia, come bene intendesi, anche l'analisi del prezzo delle differenti

| MENSIONI  |          | PRODOTTI     | SOMME<br>e<br>deduzioni<br>parziali | QUANTITÀ<br>per<br>ogni Categoria | Annotazioni |
|-----------|----------|--------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| Larghezza | Altezza  |              |                                     |                                   |             |
| —         | —        | N. 2         | N. 2                                | N. 2                              |             |
| —         | —        | N. 24        | N. 24                               | N. 24                             |             |
| m. 0.023  | —        | Chil. 16.116 |                                     |                                   |             |
| m. 0.019  | —        | Chil. 104.64 |                                     |                                   |             |
| m. 0.025  | m. 0.006 | Chil. 13.516 |                                     |                                   |             |
| —         | —        | —            | Ch. 132.636                         | Ch. 132.636                       |             |

stegno di legname; formando poi i gradini sia di pietra naturale, sia, come più spesso avviene con l'alzato dei  
allora dovuto comprendere o il volume della muratura per la volta di sostegno, o la quantità di legname occor-  
il numero delle lastre o dei gradini da impiegarsi. Quando l'armatura di sostegno della scala è in legname, spesso  
parti della scala medesima.

| N. d'ordine<br>delle<br>Categorie<br>degli<br>Articoli | INDICAZIONE DELLE OPERE D'ARTE<br>E DEI LAVORI DIVERSI                                                                                                                                                                                        | Di<br>Lunghezza |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
|                                                        | <b>Latrina.</b>                                                                                                                                                                                                                               |                 |
| 4                                                      | Sedile di latrina con apparato inodoro ad acqua, denominato all'inglese, con vaso di ferro incrostato di porcellana e meccanismo completo . . . . .                                                                                           | —               |
|                                                        | Lastra di bevola per la copertura della bocchetta del pozzo nero, e munita d'anello di ferro piombato nel mezzo. Essa avrà la superficie di m. 0.70 per m. 0.70, e sarà grossa m. 0.08. . . . .                                               | —               |
|                                                        | <b>Pozzo d'acqua potabile.</b>                                                                                                                                                                                                                |                 |
| 5                                                      | Cortina interna di mattoni per la canna del pozzo d'acqua potabile, essendo il diametro interno di m. 0.80                                                                                                                                    |                 |
|                                                        | Circonferenza . . . . .                                                                                                                                                                                                                       | m. 5.28         |
|                                                        | Cortina esterna del pozzo o parapetto, di grossezza m. 0.15, avendo lo stesso diam. di m. 0.80. . . . .                                                                                                                                       | m. 5.28         |
|                                                        | Resta muratura per la cortina del pozzo d'acqua potabile                                                                                                                                                                                      | —               |
|                                                        | <b>Serrande di porte.</b>                                                                                                                                                                                                                     |                 |
| 6                                                      | Portone all'ingresso principale, diviso in due parti o imposte, e formata ciascuna con fusto e fodera di tavole d'abete . . . . .                                                                                                             | —               |
|                                                        | Porte d'accesso nei due piani, terreno e superiore, e corrispondenti due all'andito A, due al pianerottolo N. Ciascuna di queste porte sarà divisa in due imposte o parti, e formate anch'esse con fusto e fodera di tavole d'abete . . . . . | —               |
|                                                        | Porte nell'interno della casa formate d'abete con telai e specchi . . . . .                                                                                                                                                                   | —               |
|                                                        | Porte ai due camerini F e G formato con semplice tavolato. . . . .                                                                                                                                                                            | —               |
|                                                        | <b>Serrande di finestre.</b>                                                                                                                                                                                                                  |                 |
|                                                        | Serrande per le finestre della casa, ciascuna composta d'una intelajatura e scuretti interni con due specchi, e tutte di legno abete:                                                                                                         |                 |
|                                                        | N. 10 hanno . . . . .                                                                                                                                                                                                                         | —               |
|                                                        | N. 12 » . . . . .                                                                                                                                                                                                                             | —               |



| MENSIONI  |         | PRODOTTI   | SOMME<br>e<br>deduzioni<br>parziali | QUANTITÀ<br>per<br>ogni Categoria | Annotazioni |
|-----------|---------|------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| Larghezza | Altezza |            |                                     |                                   |             |
| —         | —       | N. 1       | N. 1                                | N. 1                              |             |
| —         | —       | N. 1       | N. 1                                | N. 1                              |             |
| —         | m. 4.00 | m.q. 21.12 | m.q. 21.12                          |                                   |             |
| —         | m. 0.72 | m.q. 3.80  | m.q. 3.80                           |                                   |             |
| —         | —       | —          |                                     | m.q. 24.92                        |             |
| m. 1.40   | m. 2.80 | N. 1       | N. 1                                | N. 1                              |             |
| m. 1.00   | m. 2.00 | N. 4       | N. 4                                | N. 4                              |             |
| m. 1.00   | m. 2.00 | N. 5       | N. 5                                | N. 5                              |             |
| m. 0.80   | m. 1.60 | N. 2       | N. 2                                | N. 2                              |             |
| m. 1.00   | m. 2.00 | N. 10      | N. 10                               | N. 10                             |             |
| m. 1.00   | m. 1.80 | N. 12      | N. 12                               | N. 12                             |             |

| N. d'ordine                             | INDICAZIONE DELLE OPERE D'ARTE                                                                                                                                        |  | DI        |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------|
| delle<br>Categorie<br>degli<br>Artifici | E DEI LAVORI DIVERSI                                                                                                                                                  |  | Lunghezza |
|                                         | <b>Telaio a cristalli.</b>                                                                                                                                            |  |           |
| 7                                       | Telaio a cristalli semicircolare per la lunetta del portone d'ingresso avente il raggio di m. 0.70 . . . . .                                                          |  | —         |
|                                         | <b>Inferriate.</b>                                                                                                                                                    |  |           |
| 8                                       | Inferriate per le 10 finestre del pian terreno, ciascuna formata con N. 6 tondini di m. 0.025 di diametro, alti ciascuno m. 1.12 compresa la parte murata di m. 0.06. |  | m. 67.20  |
|                                         | Corrispondenti al peso di . . . . .                                                                                                                                   |  | —         |
|                                         | Più tondini per traverso N. 4 per finestra, lunghi ciascuno m. 1.12 compresa la parte di m. 0.06 che va murata.                                                       |  | m. 44.80  |
|                                         | Corrispondenti al peso di . . . . .                                                                                                                                   |  | —         |
|                                         | Per la lunetta semicircolare sul portone d'ingresso, tondini come sopra per raggi N. 11, lunghi m. 0.76 . .                                                           |  | m. 8.36   |
|                                         | Corrispondenti al peso di . . . . .                                                                                                                                   |  | —         |
|                                         | Per altri due tondini da formare due archi nella stessa lunetta, e uno lungo m. 0.36, l'altro m. 1.30, in tutti e due. . . . .                                        |  | m. 1.66   |
|                                         | Corrispondenti al peso di . . . . .                                                                                                                                   |  | —         |
|                                         | <i>Totale inferriate . . . . .</i>                                                                                                                                    |  | —         |
|                                         | <b>Decorazioni esterne.</b>                                                                                                                                           |  |           |
| 9                                       | Nel solo prospetto principale, cornica lunga in media m. 12.30 più le risvolte nei prospetti laterali lunghi m. 0.20 $\times$ 2 . . . . .                             |  | m. 12.70  |
|                                         | FASCIA di divisione nei piani, lunga nel prospetto principale 12.24, più per le risvolte m. 0.40 $\times$ 2 . . . . .                                                 |  | m. 12.44  |
| 10                                      | DOCCIA a gola dritta formata con fogli di latta doppia, lunga nel prospetto m. 12.96 più m. 0.50 $\times$ 2 per le risvolte nei prospetti laterali . . . . .          |  | m. 13.96  |
|                                         | Due tubi verticali di latta doppia per lo scarico delle acque dai tetti, ciascuno del diametro di m. 0.08 . .                                                         |  | m. 8.72   |
|                                         | Due tubi di ghisa ad innesto dei predetti di latta, e terminati a gomito, lunghi . . . . .                                                                            |  | m. 5.00   |
|                                         | Del complessivo peso di . . . . .                                                                                                                                     |  | —         |

| MENSIONI  |         | PRODOTTI    | SOMME<br>e<br>deduzioni<br>parziali | QUANTITÀ<br>per<br>ogni Categoria | Annotazioni |
|-----------|---------|-------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| Larghezza | Altezza |             |                                     |                                   |             |
| —         | —       | N. 1        | N. 1                                | N. 1                              |             |
| —         | —       | C.g. 146.49 |                                     |                                   |             |
| —         | —       | C.g. 97.664 | C.g. 244.154                        |                                   |             |
| —         | —       | C.g. 18.22  |                                     |                                   |             |
| —         | —       | C.g. 3.62   |                                     |                                   |             |
| —         | —       | —           | C.g. 21,84                          | C.g. 265,994                      |             |
| —         | —       | m. 12.70    | m. 12.70                            | m. 12.70                          |             |
| —         | —       | m. 12.44    | m. 12.44                            | m. 12.44                          |             |
| —         | —       | m. 13.96    | m. 13.96                            | m. 13.96                          |             |
| —         | —       | m. 8.72     | m. 8.72                             | m. 8.72                           |             |
| —         | —       | Chil. 80.00 | Chil. 80.00                         | Chil. 80.00                       |             |

| N. d'ordine<br>delle<br>Categorie<br>degli<br>Articoli                                                                                                                       | INDICAZIONE DELLE OPERE D'ARTE<br>E DEI LAVORI DIVERSI                          | Di<br>Lunghezza |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <p style="text-align: center;"><b>RIEPILOGO GENERALE</b></p> <p style="text-align: center;"><b>delle diverse categorie di lavoro per le suindicate<br/>opere d'arte.</b></p> |                                                                                 |                 |
|                                                                                                                                                                              |                                                                                 |                 |
| 1                                                                                                                                                                            | Scavi per la fondazione della casa e trasporto alla distanza di m. 620. . . . . | —               |
| 2                                                                                                                                                                            | Idem del pozzo nero, e trasporto idem . . . . .                                 | —               |
| 3                                                                                                                                                                            | Idem. del pozzo d'acqua potabile, e trasporto idem. . . . .                     | —               |
| 4                                                                                                                                                                            | Muratura a mezza materia . . . . .                                              | —               |
| 5                                                                                                                                                                            | Muratura a mattoni nuovi per fondazione . . . . .                               | —               |
| 6                                                                                                                                                                            | Muratura di mattoni nuovi per elevazione . . . . .                              | —               |
| 7                                                                                                                                                                            | Incoltellate o tramezzi . . . . .                                               | —               |
| 8                                                                                                                                                                            | Piattabande . . . . .                                                           | —               |
| 9                                                                                                                                                                            | Archi . . . . .                                                                 | —               |
|                                                                                                                                                                              | Völte . . . . .                                                                 | —               |
| 10                                                                                                                                                                           | Breccia . . . . .                                                               | —               |
| 11                                                                                                                                                                           | Pavimento a pian terreno . . . . .                                              | —               |
| 12                                                                                                                                                                           | Solai . . . . .                                                                 | —               |
| 13                                                                                                                                                                           | Soffitti . . . . .                                                              | —               |
| 14                                                                                                                                                                           | Tetto . . . . .                                                                 | —               |
| 15                                                                                                                                                                           | Intonaco . . . . .                                                              | —               |
| 16                                                                                                                                                                           | Imbiancatura . . . . .                                                          | —               |
| 17                                                                                                                                                                           | Cortina interna del pozzo d'acqua potabile. . . . .                             | —               |
| 18                                                                                                                                                                           | Serramento del portone . . . . .                                                | —               |
| 19                                                                                                                                                                           | Serramento a cristalli per finestra del pian terreno . . . . .                  | —               |
| 20                                                                                                                                                                           | Telaio a cristalli per la lunetta del portone . . . . .                         | —               |
| 21                                                                                                                                                                           | Inferriate . . . . .                                                            | —               |
| 22                                                                                                                                                                           | Cornice . . . . .                                                               | —               |
| 23                                                                                                                                                                           | Fascia . . . . .                                                                | —               |
| 24                                                                                                                                                                           | Doccia a gola dritta di latta doppia . . . . .                                  | —               |
| 25                                                                                                                                                                           | Tubi di latta doppia . . . . .                                                  | —               |
| 26                                                                                                                                                                           | Tubi di ghisa . . . . .                                                         | —               |

| MENSIONI  |         | PRODOTTI | SOMME<br>e<br>deduzioni<br>parziali | QUANTITÀ<br>per<br>ogni Categoria | Annotazioni |
|-----------|---------|----------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| Larghezza | Altezza |          |                                     |                                   |             |
| —         | —       | —        | —                                   | m.c. 40.152                       |             |
| —         | —       | —        | —                                   | m.c. 12.444                       |             |
| —         | —       | —        | —                                   | m.c. 6.161                        |             |
| —         | —       | —        | —                                   | m.c. 39.655                       |             |
| —         | —       | —        | —                                   | m.c. 3.856                        |             |
| —         | —       | —        | —                                   | m.c. 174.641                      |             |
| —         | —       | —        | —                                   | m.q. 28.70                        |             |
| —         | —       | —        | —                                   | m.q. 10.65                        |             |
| —         | —       | —        | —                                   | m.q. 38.22                        |             |
| —         | —       | —        | —                                   | m.q. 8.82                         |             |
| —         | —       | —        | —                                   | m.c. 23.045                       |             |
| —         | —       | —        | —                                   | m.q. 9.160                        |             |
| —         | —       | —        | —                                   | m.q. 84.36                        |             |
| —         | —       | —        | —                                   | m.q. 164.10                       |             |
| —         | —       | —        | —                                   | m.q. 142.40                       |             |
| —         | —       | —        | —                                   | m.q. 1246.26                      |             |
| —         | —       | —        | —                                   | m.q. 1470.36                      |             |
| —         | —       | —        | —                                   | m.q. 21.12                        |             |
| —         | —       | —        | —                                   | N. I                              |             |
| —         | —       | —        | —                                   | N. II                             |             |
| —         | —       | —        | —                                   | N. I                              |             |
| —         | —       | —        | —                                   | C.g. 265.99                       |             |
| —         | —       | —        | —                                   | m. 12.70                          |             |
| —         | —       | —        | —                                   | m. 12.44                          |             |
| —         | —       | —        | —                                   | m. 13.06                          |             |
| —         | —       | —        | —                                   | m. 8.72                           |             |
| —         | —       | —        | —                                   | C.g. 80,00                        |             |

Addi . . . . . 18. .

**Il Perito Costruttore**

N. N.



**UFFICIO D'ARTE**  
DEL PERITO COSTRUTTORE N. N.

---

PROVINCIA DI .....

CIRCONDARIO DI .....

**Proposta di una Casa Civile**

---

**ANALISI DEI PREZZI**

---

..... <sup>(1)</sup> addì ..... 18 ..

**Il Perito Costruttore**

N. N.

(1) Città in cui ha luogo l'ufficio d'arte.





TABELLA dei prezzi elementari per la formazione delle Analisi

| N. d'ordine                       | SPIEGAZIONE<br>dei materiali ed altri mezzi d'opere                                                                                                   | Prezzo | Annotazioni                                                           |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>Materiali e opere diverse.</b> |                                                                                                                                                       |        |                                                                       |
| 1                                 | Mattoni nuovi aventi le dimensioni<br>di m. $0.30 \times m. 0.15 \times m. 0.045$ ,<br>al mille . . . . . L.                                          | 25.50  | Come alla fig. 3 <sup>a</sup><br>della Tavola II<br>(Tipi della Casa) |
| 2                                 | Mattoni quadri detti pianelle di $0.30$<br>$\times 0.30 \times 0.05$ compresa la re-<br>filatura ed ossatura, al mille. . . »                         | 60.00  |                                                                       |
| 3                                 | Mattoni dette tavelle di $0.30 \times 0.15$<br>$\times 0.03$ , al mille . . . . . »                                                                   | 20.00  |                                                                       |
| 4                                 | Mattoni usati, o mattoni vecchi, al<br>m. c. . . . . »                                                                                                | 4.50   |                                                                       |
| 5                                 | Coppi lunghi m. $0.45$ , larghi in<br>media m. $0.15$ , al mille . . . . »                                                                            | 50.00  |                                                                       |
| 6                                 | Breccia, al metro cubo . . . . . »                                                                                                                    | 4.00   |                                                                       |
| 7                                 | Sabbia di fiume, al metro cubo . . »                                                                                                                  | 1.60   |                                                                       |
| 8                                 | Calce grassa spenta di 1 <sup>a</sup> qualità,<br>al metro cubo . . . . . »                                                                           | 18.00  |                                                                       |
| 9                                 | Gesso, al quintale . . . . . »                                                                                                                        | 1.80   |                                                                       |
| 10                                | Modanature laterizie per il corni-<br>cione, al metro lineare. . . . . »                                                                              | 8.00   |                                                                       |
| 11                                | Lastra di bevola della riquadratura<br>di m. $0.70$ per $0.70$ e grossa<br>m. $0.08$ , con anello di ferro piov-<br>bato nel mezzo . . . . . »        | 6.00   |                                                                       |
| 12                                | Lastra di bevola per davanzali di<br>finestra, lunga m. $1$ , larga m. $0.22$ ,<br>grossa m. $0.08$ lavorata a punta . . »                            | 3.00   |                                                                       |
| 13                                | Gradino di travertino della lun-<br>ghezza di m. $1.45$ , largo m. $0.30$<br>e alto m. $0.16$ lavorato a punta<br>con cordone . . . . . »             | 10.00  |                                                                       |
| 14                                | Lastra di bevola per gradino, lunga<br>m. $2.20$ , larga m. $0.40$ , alta m. $0.08$<br>lavorata a punta con cordone<br>anche nel risvolto . . . . . » | 8.00   |                                                                       |

| N. d'ordine | SPIEGAZIONE<br>dei materiali ed altri mezzi d'opere                                                       | Prezzo | Annotazioni |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------|
| 15          | Lastra di bevola della lunghezza di m. 2.60 larga, m. 0.40, alta m. 0.08 lavorato come sopra . . . . L.   | 11.00  |             |
| 16          | Cannici per soffitto, al metro quadrato . . . . »                                                         | 0.30   |             |
| 17          | Colla di Germania, al chilogramma »                                                                       | 1.30   |             |
| 18          | Lastra di vetro comune per finestra della riquadratura di m. 0.475 per m. 0.425 . . . . »                 | 0.70   |             |
| 19          | Sedile da latrina all'inglese, tutto completo. . . . »                                                    | 100.00 |             |
| 20          | Travi di lapice della lunghezza di m. 11 e della riquadratura di m. 0.25 per 0.25, al metro cubo. »       | 80.00  |             |
| 21          | Travi di quercia della lunghezza di m. 4.60 e della riquadratura di m. 0.25 per 0.20, al metro lineare. » | 7.00   |             |
| 22          | Travetti d'abete della lunghezza di m. 3.80 e della riquadratura di m. 0.15, per m. 0.13, ciascuno. »     | 5.00   |             |
| 23          | Travetti d'abete della lunghezza di m. 2.40 e della riquadratura di m. 0.09 per m. 0.09 ciascuno. »       | 1.60   |             |
| 24          | Tavole d'abete grosse m. 0.04, (larghe m. 0.25) al metro quadrato »                                       | 3.50   |             |
| 25          | Tavole d'abete grosse m. 0.03, (larghe m. 0.25) al metro quadrato »                                       | 2.10   |             |
| 26          | Ringhiera per scala con semplici tondini e verga, al chilogr. . . »                                       | 0.90   |             |
| 27          | Filo di rame . . . . »                                                                                    | 5.60   |             |
| 28          | Ferramenti grossolani per cardini, bandelle, staffe ecc., al chilogr. »                                   | 1.50   |             |
| 29          | Idem minuto, come sopra . . . »                                                                           | 1.80   |             |
| 30          | Caviglie di ferro, al chilogrammo. . . »                                                                  | 0.90   |             |
| 31          | Chiodi da 30 al chilogrammo . . . »                                                                       | 0.80   |             |
| 32          | Chiodi per serramenti da 60, al chilogramma . . . . »                                                     | 1.20   |             |
| 33          | Serratura robusta e catenaccio, ciascuna . . . . »                                                        | 8.00   |             |
| 34          | Serratura per porta interna, ciascuna . . . . »                                                           | 5.00   |             |
| 35          | Manubrio d'ottone per portone ciascuno . . . . »                                                          | 12.00  |             |

| N. d'ordine | SPIEGAZIONE<br>dei materiali ed altri mezzi d'opere                                                                                                                        | Prezzo | Annotazioni |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------|
| 36          | Doccia conformata a gola dritta e suo listello, con fogli di latta doppia, rinforzata da tiranti interni di latta, e con verniciatura a tre mani, al metro lineare. . . L. | 2.00   |             |
| 37          | Tubi di latta doppia, coi collarini di ferro, verniciati a tre mani, al metro lineare . . . . . »                                                                          | 1.60   |             |
| 38          | Tubi di ghisa verniciati come sopra, al chilogramma . . . . . »                                                                                                            | 0.50   |             |
|             | <b>Merecedi.</b>                                                                                                                                                           |        |             |
| 39          | Giornata da muratore . . . . . L.                                                                                                                                          | 2.25   |             |
| 40          | » da garzone muratore o manuale. . . . . »                                                                                                                                 | 1.50   |             |
| 41          | » da capo mastro muratore »                                                                                                                                                | 3.50   |             |
| 42          | » da falegname. . . . . »                                                                                                                                                  | 2.25   |             |
| 43          | » da garzone falegname. . . »                                                                                                                                              | 1.50   |             |
| 44          | » da capo falegname. . . . »                                                                                                                                               | 3.50   |             |
| 45          | » da fabbro ferraio . . . . »                                                                                                                                              | 2.50   |             |
| 46          | » da garzone da fabbro. . . »                                                                                                                                              | 1.60   |             |
| 47          | » da ferrainolo . . . . . »                                                                                                                                                | 1.40   |             |
| 48          | » da carretta ad un cavallo e suo conduttore. . . . »                                                                                                                      | 5.00   |             |

| Num. d'ordine | OGGETTO<br>DELL' ANALISI                                                                                                                                                                                              | ELEMENTI<br>PER UNITÀ DI MISURA                                                                                                                                                                                          | N. corrispondente<br>alla Tabella dei<br>prezzi elementari | Prezzi<br>elementari | Prodotti<br>parziali | Prezzo per<br>unità di misura |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|
|               |                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                          |                                                            | L. C.                | L. C.                |                               |
| 1             | Prezzo di m. c. 1 di terreno vegetale forte, scavato alla profondità di m. 1.10, paleggiato alla sommità dello scavo e trasportato alla distanza di m. 620, con carretta ad un cavallo della capacità di m. c. 0.500. | 0.15 di giornata di terraiuolo per lo scavo, paleggio alla sommità, e regolarizzazione della superficie (1) . . . . .                                                                                                    | 47                                                         | 1.40                 | 0.21                 |                               |
|               |                                                                                                                                                                                                                       | 0.21 di giornata di carretta ad un cavallo, della capacità di m. c. 0.500, per il carico e trasporto alla distanza di m. 620, di m. c. 1 (2) . . . . . L. 1.05                                                           | 48                                                         | 5.00                 | 1.05                 |                               |
|               |                                                                                                                                                                                                                       | Spese accessorie per consumo d'attrezzi, sorveglianza ecc., in ragione di L. 0.50 per giornata di lavoro . . . . . L. 0.405                                                                                              | —                                                          | —                    | 0.405                |                               |
|               |                                                                                                                                                                                                                       | Spesa trasporto m. c. 1 = L. 1.155                                                                                                                                                                                       | —                                                          | —                    |                      |                               |
|               |                                                                                                                                                                                                                       | Spesa per scavo, paleggio e trasporto m. c. 1 . . . . .                                                                                                                                                                  | —                                                          | —                    | <b>Totale L.</b>     | <b>1.365</b>                  |
| 2             | Prezzo di m. c. 1 di terreno vegetale forte, scavato alla profondità di m. 2.60, paleggiato alla sommità e trasportato come sopra alla stessa distanza di metri 620.                                                  | 0.075 di giornata di terraiuolo per la rompitura e smovitura del terreno . . . . .                                                                                                                                       | 47                                                         | 1.40                 | 0.105                |                               |
|               |                                                                                                                                                                                                                       | 0.075 di giornata di terraiuolo per il paleggio della terra scavata fino alla profondità di m. 1.60 . . . . .                                                                                                            | 47                                                         | 1.40                 | 0.105                |                               |
|               |                                                                                                                                                                                                                       | 0.062 di giornata di terraiuolo per il carico di m. c. 1 del terreno scavato dalla profondità di m. 1.60 a quella di m. 2.60, su ceste della capacità di m. c. 0.011, e trasporto alla sommità dello scavo (3) . . . . . | 47                                                         | 1.40                 | 0.087                |                               |
|               |                                                                                                                                                                                                                       | Per il trasporto di m. c. 1 come all'articolo precedente, comprese le spese accessorie . . . . .                                                                                                                         | —                                                          | —                    | 1.155                |                               |
|               |                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                          | —                                                          | —                    | <b>Totale L.</b>     | <b>1.452</b>                  |

(1) Si riferisce al Manuale Pratico per l'estimazione dei lavori d'architettura del Pegoretti; Manuale che non dovrebbe mancare a nessun esecutore, che a rompere e a smuovere m. c. 1 di terreno vegetale forte, occorrono ore 0.75 di giornata di terraiuolo, e altre 0.75 per paleggiare lo stesso volume di terreno alla sommità dello scavo, quando questo non sorpassa la profondità di m. 1.50. In tutto adunque giornate di terraiuolo 0.15.

(2) Questo tempo si deduce dalle considerazioni fatte al par. 450 451 della presente Opera, Libro III.

(3) Il tempo di scarico alla sommità dello scavo di m. c. 1, con ceste della capacità di m. c. 0.011 si determina, secondo il Pegoretti, a mezzo della formula ore  $v = (1.25 + 0.06 \cdot x)$  essendo  $v$  il volume delle ceste, ed  $x$  la profondità dello scavo.

| Num. d'ordine | OGGETTO<br>DELL'ANALISI                                                                                                                                  | ELEMENTI<br>PER UNITÀ DI MISURA                                                                                         | N. corrispondente<br>alla Tabella dei<br>prezzi elementari | Prezzi<br>elementari | Prodotti<br>parziali | Prezzo per<br>unità di misura |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|
|               |                                                                                                                                                          |                                                                                                                         |                                                            | L. C.                | L. C.                |                               |
| 3             | Prezzo di m. c. 1 di terreno vegetale forte, scavato alla profondità di m. 4, paleggiato alla sommità, e trasportato come sopra alla distanza di m. 620. | 0.0225 di giornata di terraiuolo per la rompitura e smovitura della terra . . . . .                                     | 47                                                         | 1.40                 | 0.03                 |                               |
|               |                                                                                                                                                          | 0.14 di giornata idem per il carico di m. c. 1 sulle ceste e trasporto e scarico alla sommità . . .                     | 47                                                         | 1.40                 | 0.020                |                               |
|               |                                                                                                                                                          | Per il trasporto alla distanza di m. 620 e spese accessorie, c. s.                                                      | —                                                          | 1.15                 | 1.15                 |                               |
|               |                                                                                                                                                          | —                                                                                                                       |                                                            |                      | <b>Totale L.</b>     | 1.38                          |
| 4             | Prezzo di m. c. 1 di muro di fondamento in calce, da costruirsi in mezza materia, ossia con mattoni nuovi frammischiati per metà con mattoni vecchi.     | Mattoni nuovi N° 246 (1) . . . .                                                                                        | 1                                                          | 25.00                | 6.15                 |                               |
|               |                                                                                                                                                          | Mattoni vecchi o usati m. c. 0.600                                                                                      | 4                                                          | 4.50                 | 2.70                 |                               |
|               |                                                                                                                                                          | Malta m. c. 0.25 comp. come segue :<br>M. c. 0.08 di calce spenta in pasta (2) . . . . . L. 1.44                        | 8                                                          | 18.00                | 1.44                 |                               |
|               |                                                                                                                                                          | Sabbia di fiume m. c. 0.94 » 1.50                                                                                       | 7                                                          | 1.60                 | 1.50                 |                               |
|               |                                                                                                                                                          | 0.056 di giornata di muratore per l'impasto di detta malta, ed in ragione di ore 2.25 per ogni m. c. d'impasto. » 0.126 | 39                                                         | 2.25                 | 0.126                |                               |
|               |                                                                                                                                                          | 0.056 idem di manovale per l'assistenza all'inaffiamento del miscuglio » 0.08                                           | 40                                                         | 1.50                 | 0.08                 |                               |
|               |                                                                                                                                                          | Prezzo malta m. c. 0.25 = L. 3.146                                                                                      |                                                            |                      |                      |                               |
|               |                                                                                                                                                          | 0.40 di giornata di muratore per costruire m. c. 1 di muro (3) . .                                                      | 39                                                         | 2.25                 | 0.900                |                               |
|               |                                                                                                                                                          | 0.20 di giornata di manovale per l'assistenza . . . . .                                                                 | 40                                                         | 1.50                 | 0.30                 |                               |
|               |                                                                                                                                                          | 0.04 di giornata di capo mastro per sorveglianza . . . . .                                                              | 41                                                         | 3.50                 | 0.140                |                               |
|               |                                                                                                                                                          | Spese access. per consumo ferram., attrezzi ecc., in ragione di L. 0.10 per giornata di lavoro di muratore              | —                                                          | —                    | 0.04                 |                               |
|               |                                                                                                                                                          |                                                                                                                         |                                                            |                      | <b>Totale L.</b>     | 12.996                        |

(1) Il numero dei mattoni nuovi si determina colla formula  $\frac{1}{27}$  nella quale  $v$  rappresenta il volume dei mattoni.

(2) L'analisi della malta si potrebbe anche eseguire ponendo in conto calce viva, anziché spenta, e calcolandola a chilogrammi. In simil caso però bisognerebbe calcolare ancora il tempo del muratore per l'estinzione, e quello del manovale per attinger l'acqua; e i quali tempi, si stimano, in giornate 0.015 di muratore per ogni quintale metrico di calce a spegnersi, e nella metà di questo tempo per il manovale, affine di attinger l'acqua occorrente, se l'acqua istessa è vicina al cantiere di lavoro, ed uguale al tempo del muratore, se l'acqua è distante dal cantiere.

(3) Questo tempo si determina colla formula, ore  $t = 0.93 \cdot t \cdot (a-1)$ , nella quale  $t$  rappresenta il tempo, ed  $a$  la profondità. — Nel caso presente  $t$  è uguale a ore 4. Nel caso poi di muri costruiti tutto con mattoni nuovi,  $t$  è uguale a ore 0.75 per ogni 100 mattoni.

| Num. d'ordine | OGGETTO<br>DELL'ANALISI                                                                                    | ELEMENTI<br>PER UNITÀ DI MISURA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | N. corrispondente<br>alla Tabella dei<br>prezzi elementari | Prezzi<br>elementari                                 | Prodotti<br>parziali                                           | Prezzo per<br>unità di misura |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 5             | Prezzo di m. e. 1 di muro di fondazione in calce, con mattoni nuovi per le pareti e fronti del pozzo nero. | Mattoni nuovi N. 416 (1) . . . .<br>Malta composta come all'articolo precedente, m. e. 0.168, calcolata in base al prezzo di costo dell'articolo stesso . . . . .<br>0.32 di giornata di muratore per la costruzione (2) . . . . .<br>0.16 di giornata di manovale per l'assistenza . . . . .<br>0.032 di giornata di capo mastro per sorveglianza . . . . .<br>Spese accessorie in ragione di L. 0.40 per giornata di muratore . . . . .                                                                                  | 1<br>—<br>39<br>40<br>41<br>—                              | L. C.<br>25.00<br>—<br>2.25<br>1.50<br>3.50<br>—     | L. C.<br>10.40<br>2.60<br>0.72<br>0.24<br>0.112<br>0.032       |                               |
|               |                                                                                                            | —                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                            |                                                      | Totale L.                                                      | 14.104                        |
| 6             | Prezzo di m. e. 1 di muro d'elevazione in calce da costruirsi con mattoni nuovi.                           | Mattoni nuovi N° 416. . . . .<br>Malta, come all'articolo precedente m. e. 0.168 . . . . .<br>0.41 di giornata di muratore per costruire il muro (3) . . . . .<br>0.20 di giornata di manovale per assistenza . . . . .<br>0.19 di giornata di manovale per approssimare e innalzare i materiali . . . . .<br>0.04 di giornata di capo mastro per sorveglianza . . . . .<br>Spese accessorie per consumo d'attrezzi, cordami ecc. in ragione di L. 0.10 per giornata di muratore . . . . .<br>Spese per ponteggi . . . . . | 1<br>—<br>39<br>40<br>40<br>41<br>—<br>—                   | 25.00<br>—<br>2.25<br>1.50<br>1.50<br>3.50<br>—<br>— | 10.40<br>2.60<br>0.92<br>0.30<br>0.28<br>0.14<br>0.41<br>0.800 |                               |
|               |                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                            |                                                      | Totale L.                                                      | 15.481                        |

(1) Il numero dei mattoni nuovi si determina colla formula  $\frac{1}{v + v'}$ , nella quale  $v$  e  $v'$  rappresentano i volumi del mattone, e della malta che lo avvolge, essendo  $v' = 0.006 \left\{ l l' + g (l + l') \right\}$ ; ove  $l, l',$  e  $g$  sono la lunghezza, la larghezza, e la grossezza del mattone.

(2) Questo tempo si è determinato in base alla formula riportata nella nota 3) dell'articolo precedente.

(3) Questo tempo si determina colla formula ore  $t + 0.01 \cdot t (\alpha - 1) + \frac{0.40}{g}$  nella quale  $t$  esprime ore 0.80 per ogni 100 mattoni,  $\alpha$  l'altezza del muro, e  $g$  la grossezza o spessore medio delle differenti grossezze del muro. Quando questo tempo vogliasi determinare piano per piano,  $g$  rappresenta la grossezza del muro nel piano che si considera.



| Num. d'ordine | OGGETTO<br>DELL' ANALISI                                                                              | ELEMENTI<br>PER UNITÀ DI MISURA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | N. corrispondente<br>alla Tabella dei<br>prezzi elementari      | Prezzi<br>elementari                                                                       | Prodotti<br>parziali                                                                              | Prezzo per<br>unità di misura |      |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------|
| 8             | Prezzo di m. q. 1<br>di piattabanda di<br>mattoni con lo spes-<br>sore di due teste<br>ossia m. 0.30. | Mattoni nuovi N° 150 (1) . . .<br>Malta m. c. 0.078 (2) composta<br>come segue:<br>M. c. 0.028 di calce spenta<br>in pasta, e in ragione<br>di m. c. 0.36 di calce<br>per ogni m. c. di malta L. 0.50<br>Sabbia m. c. 0.06 . . . » 0.10<br>0,018 di giornata di mu-<br>ratore per l'impasto<br>di detta malta, ed in<br>ragione di ore 2.25 per<br>l'impasto di ogni m. c.<br>di malta . . . . . » 0.04<br>0.018 idein di manovale<br>per l'assistenza all'inaff-<br>ciamento del miscuglio. » 0.03<br>Prezzo m. c. 0.082 malta. L. 0.67<br>0.25 di giornata di muratore per<br>costruire 1 m. q. di piattabanda,<br>compreso il tempo per la for-<br>mazione, e successivo disfaci-<br>mento delle centine (3) . . .<br>0.25 di giornata di manovale . . .<br>0.08 di giornata di capo mastro<br>muratore per sorveglianza . . .<br>Spese accessorie per consumo d'at-<br>trezzi ed altro, e in ragione di<br>L. 0.12 per giornata di mura-<br>tore e manovale . . . . .<br>Spese per le centine, e in ragione<br>L. 0.04 per m. q. di piatta-<br>banda . . . . . | 1<br><br>8<br>7<br><br>39<br>40<br><br>39<br>40<br>41<br>—<br>— | L. c.<br>25.00<br><br>18<br>1.60<br><br>2.25<br>1.50<br><br>2.25<br>1.50<br>3.50<br>—<br>— | L. c.<br>3.75<br><br>0.50<br>0.10<br><br>0.04<br>0.03<br><br>0.56<br>0.37<br>0.28<br>0.06<br>0.04 | Totale L.                     | 5,73 |

(1) Questo numero si determina colla formula  $N = \frac{e}{u}$  in cui  $e$  e  $u$  rappresentano lo spessore della piattabanda e il volume del mattone; compensando il volume della malta con quello dei mattoni che si consumano.

(2) La quantità di malta per metro quadrato si determina colla formula  $0.008 \cdot N \cdot (l' + g \cdot (l' + l''))$  nella quale  $N$  è il numero dei mattoni,  $l$ ,  $l'$ ,  $g$ , le dimensioni di lunghezza, larghezza e grossezza del mattone.

(3) Questo tempo è dato dalla formula ore 0.01.  $N \rightarrow t$ .



| Num. d'ordine | OGGETTO<br>DELL'ANALISI                                                                                                   | ELEMENTI<br>PER UNITÀ DI MISURA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | N. corrispondente<br>alla Tabella dei<br>prezzi elementari | Prezzi<br>elementari                                          | Prodotti<br>parziali                                                   | Prezzo per<br>unità di misura |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 9             | Prezzo per m. q. 1<br>d'arcate o volte di<br>mattoni nuovi, a-<br>vendo l'arcata e la<br>volta lo spessore di<br>m. 0.30. | Mattoni nuovi N° 151 (1) . . .<br>Malta m. c. 0.078 composta come<br>all'articolo precedente, perciò .<br>0.075 di giornata di muratore, per<br>la formazione, posizione in opera<br>e disfacimento delle centine per<br>ogni m. q. d'arcata. . . . .<br>0.20 di giornata di muratore per<br>costruire m. q. 1 d'arcata (2) .<br>0.20 di giornata di manovale . .<br>0.04 di giornata di capo mastro<br>per sorveglianza . . . . .<br>Spese accessorie per consumo at-<br>trezzi ecc., in ragione di L. 0.12<br>per giornata di muratore e ma-<br>novale . . . . .<br>Spese per assi e chioderie per le<br>centine . . . . . | 1<br>—<br>39<br>39<br>40<br>41<br>—<br>—                   | L. C.<br>25.00<br>—<br>2.25<br>2.25<br>1.50<br>3.50<br>—<br>— | L. C.<br>3.775<br>0.67<br>0.17<br>0.45<br>0.30<br>0.14<br>0.05<br>0.06 | (3)                           |
|               |                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                            |                                                               | Totale L.                                                              | 5.615                         |
| 10            | Prezzo di m. c. 1<br>di breccia e suo<br>spandimento.                                                                     | Breccia m. c. 1.10 . . . . .<br>0.025 di giornata di muratore per<br>distendere il detto volume . .<br>Spese accessorie in ragione di<br>L. 0.40 per giornata di muratore                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 6<br>39<br>—                                               | 4.00<br>2.25<br>—                                             | 4.40<br>0.06<br>0.01                                                   |                               |
|               |                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                            |                                                               | Totale L.                                                              | 4.47                          |

(1) Il numero dei mattoni per m. q. d'arcata si determina colla formula  $\frac{1 + S'}{2} \times \frac{Z}{v + v'}$ , nella quale  $s'$  rappresenta la superficie di estradosso dell'arcata, per ogni m. q. di superficie d'intradosso,  $z$  lo spessore dell'arco e  $v, v'$  i volumi del mattone e della malta che lo avvolge.

(2) Questo tempo è determinato dalla formula ore 0.01.  $N + 0.50$ .

(3) Considerando l'arco come una volta a botte di piccola lunghezza, ho fatto una sola analisi per le arcate e per la volta. L'analisi di questa però si sarebbe potuta fare anche a parte, determinando il numero dei mattoni colla formula riportata dal Pegoretti, nel Manuale surricordato, e cioè  $N = \frac{1(2,20)}{v + v'}$ , nella quale  $1$  rappresenta la larghezza del mattone, e  $v + v'$  la somma dei volumi del mattone e della malta, riferendosi la formula stessa ad una volta con grossezza di due teste. Per le volte, o parti di volta a una, tre, e quattro teste, il numero dei mattoni secondo lo stesso Pegoretti, si determina colle seguenti formule:

$$N = \frac{1(1,05)}{v + v'}; \quad N = \frac{1(3,33)}{v + v'}; \quad N = \frac{1(4,50)}{v + v'};$$

nelle quali  $1$ , e  $v + v'$  hanno i valori già indicati. Il volume poi della malta occorrente nella costruzione delle volte in mattoni si determina colla formula  $1,05 N v'$ , essendo  $v' = 0,006 \left\{ 12 + g(t + v) \right\}$  il numero dei mattoni, e tanto per la piattabande, che per gli archi, e per le volte, si potrebbe determinare anche con la formula  $N = \frac{4m.c.}{v}$ , essendo  $v$  il volume del mattone impiegato, e non tenendo calcolo della malta che lo deve avvolgere, compensandosi il volume di essa con quello dei mattoni che si consumano in causa ai tagli, ai quali obbliga l'apparecchio della volta, dell'arco, o della piattabanda. Si avverte però che adoperando questa formula, l'analisi del prezzo, deve esser fatta a metro cubo anziché a metro quadrato.

| Num. d'ordine | OGGETTO<br>DELL'ANALISI                                                                                             | ELEMENTI<br>PER UNITÀ DI MISURA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | N. corrispondente<br>alla Tabella dei<br>prezzi elementari | Prezzi<br>elementari                                                         | Prodotti<br>parziali                                                                             | Prezzo per<br>unità di misura |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 11            | Prezzo per m. q. 1 di pavimento da eseguirsi al pian terreno con piastrelle rettilinee e lisciate.                  | Sabbia per il sottofondo m. c. 0.03 (1)<br>Mattoni quadri o piastrelle N° 18 (2)<br>Malta m. c. 0.033, composta con m. c. 0.012 di calce in pasta.<br>Sabbia m. c. 0.03 in ragione di m. c. 0.909 per m. c. 1 di malta.<br>0.02 di giornata di muratore per l'imposto dei detti m. c. 0.033 di malta.<br>0.02 id. di manovale per l'assistenza<br>0.047 di giornata di muratore per costruire m. q. 1 di pavimento, comprese le operazioni, per disporre il suolo e distendere la malta, e per la posatura delle piastrelle (3)<br>0.15 di giornata di manovale per l'assistenza (4)<br>Spese per consumo d'attrezzi, sorveglianza ecc. | 7<br>2<br>8<br>7<br>39<br>40<br>39<br>40<br>—              | L. C.<br>1.60<br>60.00<br>18.00<br>1.60<br>2.25<br>1.50<br>2.25<br>1.50<br>— | L. C.<br>0.048<br>1.080<br>0.22<br>0.048<br>0.045<br>0.03<br>0.106<br>0.225<br>0.20<br>Totale L. | 1.952                         |
| 12            | Prezzo di m. q. 1 di solaio, ordito di travi e travicelli, con sopra mattoni e piastrelle, non compreso il solfido. | Si considera un solaio lungo m. 3.80 e largo m. 4, perciò della superficie di m. q. 15.20. Le travi saranno di quercia della lunghezza di m. 4.60 per così internarle nel muro di m. 0.30 per parte, e della riquadratura                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                            |                                                                              |                                                                                                  |                               |

(1) Potendo avere della malta vecchia polverizzata, o del calcinaccio, si sostituisca una di esse alla sabbia, segnatamente nei piani superiori.

(2) Questo numero si determina colla formula  $n = \frac{1.10}{1.1}$  nella quale 1.1' rappresentano le dimensioni del laterizio impiegato.

(3) Il tempo che impiega il muratore a costruire m. q. 1 di pavimento, s'augmenta se le piastrelle non sono rettilinee e lisciate prima. Quando ciò avvenga, lo stesso muratore impiega di più, giornate 0.020 per metro lineare di spigolature a rifilare per ottenere un perfetto combaciamento fra due piastrelle, e giornate 0.075 per la lisciatura di m. q. 1 di pavimento.

(4) Il tempo del manovale per l'assistenza s'augmenta di giornate 0.025 per ogni piano superiore.

| Num. d'ordine | OGGETTO<br>DELL' ANALISI                                                                       | ELEMENTI<br>PER UNITÀ DI MISURA                                                                                                                                                                                                                                         | N. corrispondente<br>alla Tabella dei<br>prezzi elementari | Prezzi<br>elementari | Prodotti<br>parziali | Prezzo per<br>unità di misura |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|
|               |                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                            | L. C.                | L. C.                |                               |
| 13            | Prezzo di m. q. 1<br>di soffitto da farsi<br>con cannici, non<br>compresa la stabili-<br>tura. | di m. 0.25 per m. 0.20. Esse si<br>porranno distanti da asse ad asse<br>di m. 1.26 e sosterranno un'or-<br>ditura di travicelli o travetti di<br>abete della lunghezza di m. 3.80<br>e della riquadratura di m. 0.15<br>per m. 0.13, posti alla distanza<br>di m. 0.30. |                                                            |                      |                      |                               |
|               |                                                                                                | Ponendo due travi e due travi-<br>celli aderenti ai muri, occorrono<br>per detta superficie di solaio:                                                                                                                                                                  |                                                            |                      |                      |                               |
|               |                                                                                                | N° 4 travi di quercia . . . . .                                                                                                                                                                                                                                         | 23                                                         | 7.00                 | 21.00                |                               |
|               |                                                                                                | N° 15 travicelli d'abete . . . . .                                                                                                                                                                                                                                      | 24                                                         | 2.20                 | 33.00                |                               |
|               |                                                                                                | N° 400 mattoni . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                | 1                                                          | 25.00                | 10.00                |                               |
|               |                                                                                                | N° 200 quadri o pianelle . . . . .                                                                                                                                                                                                                                      | 2                                                          | 60.00                | 12.00                |                               |
|               |                                                                                                | Malta di calce e sabbia composta<br>come all'articolo precedente, m.<br>c. 0.468 in ragione di m. c.<br>0.026 per m. q. . . . .                                                                                                                                         | —                                                          | —                    | 28.00                |                               |
|               |                                                                                                | 4 giornate di muratore . . . . .                                                                                                                                                                                                                                        | 39                                                         | 2.25                 | 9.00                 |                               |
|               |                                                                                                | 4 idem di manovale . . . . .                                                                                                                                                                                                                                            | 40                                                         | 1.50                 | 6.00                 |                               |
|               |                                                                                                | 1/20 per spese accessorie . . . . .                                                                                                                                                                                                                                     | —                                                          | —                    | 5.95                 |                               |
|               |                                                                                                | Costano i m. q. 18 di solaio . . .                                                                                                                                                                                                                                      | —                                                          | L.                   | 124.95               |                               |
|               |                                                                                                | Importo di m. q. 1 di solaio (1) . .                                                                                                                                                                                                                                    | —                                                          | —                    | L.                   | 6.94                          |
|               |                                                                                                | M. q. 1.08 di cannici, compresi<br>quelli che si consumano . . .                                                                                                                                                                                                        | 16                                                         | 0.30                 | 0.324                |                               |
|               |                                                                                                | M. q. 0.25 di tavole d'abete, grosse<br>m. 0.04 per formare 5 correntini<br>da inchiodarsi nelle travi del<br>solaio per sostegno dei cannici.                                                                                                                          | 24                                                         | 3.50                 | 0.87                 |                               |
|               |                                                                                                | <i>A riportarsi</i>                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                            | L.                   | 1.194                |                               |

(1) Ove l'ammattionato si costruisce sopra un tavolato insistente sull'orditura di travi o travicelli, occorre fare due analisi una per il semplice solaio, orditura di travi cioè, e tavolato; l'altra per l'ammattionato, e alla quale si procede come nell'articolo precedente.

Il Curioni, nel volume *Lavori Generali d'Architettura e Analisi dei prezzi*, riferisce che a Torino, un metro quadrato di solaio, costruito con travicelli di larice lunghi da m. 3 a 4.30, e con riquadratura di m. 0.25 di lato, disposti alla distanza di m. 0.70 a m. 0.80 da asse ad asse, e sostenuti un tavolato di poggio dello spessore di m. 0.04, costa L. 5. Lo stesso prezzo poi si aumenta se usansi travicelli a spigolo vivo, tavole connesse e incastrate, e travicelli e tavolato piallato.

Non è raro poi che nel prezzo per m. q. di solaio si comprenda anche il soffitto per la camera sottostante. In simili casi, nell'analisi dello stesso prezzo, si computano i metri quadrati di cannico che occorrono, la speciale orditura di legname che si richiede, il gesso, i chiodi, il filo di rame, e le giornate d'operaio.

| Num. d'ordine | OGGETTO<br>DELL' ANALISI                                                                                                                                                                                                                                                                             | ELEMENTI<br>PER UNITÀ DI MISURA                                                                                                                                                                        | N. corrispondente<br>alla Tabella dei<br>prezzi elementari | Prezzi<br>elementari | Prodotti<br>parziali | Prezzo per<br>unità di misura |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|
| 14            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <i>Riporto</i>                                                                                                                                                                                         |                                                            | L. C.                | L. C.                |                               |
|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Chiodi piccoli c. g. 0.20. . . . .                                                                                                                                                                     | 31                                                         | 0.80                 | 0.16                 |                               |
|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Filo di rame c. g. 0.33 . . . . .                                                                                                                                                                      | 27                                                         | 5.60                 | 1.85                 |                               |
|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0.05 di giornata da muratore, per<br>l'esecuzione . . . . .                                                                                                                                            | 39                                                         | 2.25                 | 0.11                 |                               |
|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0.05 idem di manovale per l'as-<br>stenza . . . . .                                                                                                                                                    | 40                                                         | 1.50                 | 0.07                 |                               |
|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0.005 di capo mastro muratore<br>per sorveglianza . . . . .                                                                                                                                            | 41                                                         | 3.50                 | 0.02                 |                               |
|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Spese accessorie. . . . .                                                                                                                                                                              | —                                                          | —                    | 0.04                 |                               |
|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | —                                                                                                                                                                                                      |                                                            |                      |                      |                               |
|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | M. c. 3.30 di travi grosse di la-<br>rice, della riquadratura di m.<br>0.25 per m. 0.25 per le due in-<br>cavallature, e in ragione di m.<br>c. 1.15 per m. c. 1 in causa allo<br>sfraso (1) . . . . . | 20                                                         | 80.00                | 264.00               | 2 444                         |
|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0.66 di giornata di falegname per<br>preparare il legname e segnarvi<br>i tagli, in ragione di giornata<br>0.25 per m. c. 1.25 di legname.                                                             | 42                                                         | 2.25                 | 1.48                 |                               |
|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2.87 giornata di falegname per il<br>taglio e l'unione dei membri in<br>prova, e in ragione di giornata<br>1 per m. c. 1.15 di legname .                                                               | 42                                                         | 2.25                 | 6.46                 |                               |
|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0.49 di giornata di falegname per<br>scomporre i pezzi dopo la prova,<br>numerarli ed ordinarli, in ra-<br>gione di giornata 0.15 per m.<br>c. 1 di legname . . . . .                                  | 42                                                         | 2.25                 | 1.11                 |                               |
|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0.49 idem idem per innalzare le<br>travi in ragione di giornate 0.15<br>per m. c. 1 di legname . . .                                                                                                   | 42                                                         | 2.25                 | 1.11                 |                               |
|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 3.30 giornate di falegname per la<br>posatura in opera, in ragione di<br>giornata 1 per m. c. 1 di le-<br>gname . . . . .                                                                              | 42                                                         | 2.25                 | 7.42                 |                               |
|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <i>A riportarsi</i>                                                                                                                                                                                    |                                                            | L.                   | 281.58               |                               |
|               | Prezzo di m. q. 1<br>di tetto, comprese<br>le due incavallature<br>che occorrono, e<br>che si porranno alla<br>distanza di m. 3.80<br>da asse ad asse, e<br>dai due timpani di<br>muratura che sono<br>nei due prospetti la-<br>terali della casa, for-<br>mando la copertura<br>di tavelle e coppi. |                                                                                                                                                                                                        |                                                            |                      |                      |                               |

(1) Questo numero è la somma del volume delle due incavallature, compresi la catena, i puntoni, il monaco, le razze, il comignolo, e la quantità occorrente per lo sfraso, in base al rapporto accennato di 1: 1.15.

| Num. d'ordine | OGGETTO<br>DELL'ANALISI | ELEMENTI<br>PER UNITÀ DI MISURA                                                                                                                     | N. corrispondente<br>alla Tabella dei<br>prezzi elementari | Prezzi<br>elementari | Prodotti<br>parziali | Prezzo per<br>unità di misura |
|---------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|
|               |                         | <i>Riporto</i>                                                                                                                                      |                                                            | L. C.                | L. C.                |                               |
|               |                         | 10.76 giornata di garzone di falegname in ragione di giornata 1 1/2 di garzone per ogni giornata di falegname . . . . .                             | 43                                                         | 1.50                 | 16.14                |                               |
|               |                         | 0.71 di giornata di capo mastro falegname, in ragione di 1/10 di giornata di falegname . . . . .                                                    | 44                                                         | 3.50                 | 2.45                 |                               |
|               |                         | 20 C. di ferramenta . . . . .                                                                                                                       | 30                                                         | 1.50                 | 30.00                |                               |
|               |                         | 2.5 giornata di fabbro ferraio . . . . .                                                                                                            | 45                                                         | 2.50                 | 6.25                 |                               |
|               |                         | 2 giornate di garzone di fabbro . . . . .                                                                                                           | 46                                                         | 1.60                 | 3.20                 |                               |
|               |                         | Spese accessorie in ragione di L. 0.30 per giornata di falegname, e L. 0.10 per giornata di garzone di falegname e per m. c. 1 di legname . . . . . | —                                                          | —                    | 10.80                |                               |
|               |                         | Importo dei m. c. 3.30 per le due incavallature . . . . .                                                                                           | —                                                          | L.                   | 350.51               |                               |
|               |                         | <i>Ragguagliato ora quest'importo ai m. q. 142.40 di tetto, risulta per m. q. 1 di incavall., la spesa di .</i>                                     | —                                                          | —                    | —                    | 2.46                          |
|               |                         | <i>A questa spesa s'aggiunga la spesa per ogni m. q. di copertura valutata come segue:</i>                                                          |                                                            |                      |                      |                               |
|               |                         | <i>Si considera una superficie di tetto di m. q. 9.12 con la lunghezza di m. 3.80 e la larghezza di m. 2.40 per cui occorrono</i>                   |                                                            |                      |                      |                               |
|               |                         | <i>N° 5 travetti (arcarecci) d'abete della riquadratura di m. 0.15 per 0.13, da porsi alla distanza di m. 0.60 da asse ad asse . . .</i>            | 22                                                         | 2.25                 | 12.00                |                               |
|               |                         | <i>N° 12 travetti d'abete della riquadratura di m. 0.09 per m. 0.09 da porsi alla distanza di m. 0.30 in m. 0.31 da asse ad asse . . .</i>          | 23                                                         | 1.60                 | 19.20                |                               |
|               |                         | <i>C. g: 1.37 chiodi da 30 . . . . .</i>                                                                                                            | 31                                                         | 0.80                 | 1.09                 |                               |
|               |                         | <i>N° 203 mattoni tavelle . . . . .</i>                                                                                                             | 3                                                          | 20.00                | 4.06                 |                               |
|               |                         | <i>A riportarsi</i>                                                                                                                                 |                                                            | L.                   | 36.35                | 2.46                          |

| Num. d'ordine | OGGETTO<br>DELL' ANALISI         | ELEMENTI<br>PER UNITÀ DI MISURA                                                                                                                                     | N. corrispondente<br>alla Tabella dei<br>prezzi elementari | Prezzi<br>elementari | Prodotti<br>parziali | Prezzo per<br>unità di misura |
|---------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|
|               |                                  |                                                                                                                                                                     |                                                            |                      |                      |                               |
| 15            |                                  | <i>Riporto</i>                                                                                                                                                      |                                                            | L. C.                | L. C.                | 2.46                          |
|               |                                  | N° 153 coppi da porsi a ridosso<br>gli uni degli altri di m. 0.10,<br>e distanti fra loro nella maggior<br>larghezza di m. 0.04 . . . . .                           | 5                                                          | 50.00                | 7.65                 |                               |
|               |                                  | 0.75 di giornata di falegname per<br>l'armatura del tetto . . . . .                                                                                                 | 42                                                         | 2.25                 | 1.69                 |                               |
|               |                                  | 0.50 di giornata di garzone di fa-<br>legname . . . . .                                                                                                             | 43                                                         | 1.50                 | 0.75                 |                               |
|               |                                  | 0.40 di giornata di muratore per<br>la posizione dei mattoni e coppi.                                                                                               | 39                                                         | 2.25                 | 1.035                |                               |
|               |                                  | 0.40 idem di manovale . . . . .                                                                                                                                     | 40                                                         | 1.50                 | 0.69                 |                               |
|               |                                  | M. c. 0.091 di malta in calce e<br>sabbia composta come all' arti-<br>colo 12 . . . . .                                                                             | —                                                          | —                    | 0.55                 |                               |
|               |                                  | 0.05 di giornata capo mastro mu-<br>ratore . . . . .                                                                                                                | 41                                                         | 3.50                 | 0.175                |                               |
|               |                                  | Spese accessorie in ragione di<br>L. 0.20 per giornata di falegname<br>e muratore, e di L. 0.10 per<br>giornata dei due garzoni . . . .                             | —                                                          | —                    | 0.342                |                               |
|               |                                  | Spesa per i m. q. 9.12 di coper-<br>tura . . . . .                                                                                                                  | —                                                          | L.                   | 49.232               |                               |
|               |                                  | Importo per m. q. 1 di copertura.                                                                                                                                   | —                                                          | —                    | L.                   | 5.43                          |
|               |                                  | Importo di m. q. 1 di tetto<br>compresa l'incavallatura e la<br>copertura . . . . .                                                                                 | —                                                          | —                    | L.                   | 7.89                          |
|               |                                  | —                                                                                                                                                                   |                                                            |                      |                      |                               |
|               | Prezzo di m. q. 1<br>d'intonaco. | Malta occorrente m. c. 0.015, e cioè<br>Per la rabocca-<br>tura . . . . » » 0.010<br>Per l'arricciatura » » 0.003<br>Per la finale sta-<br>bilitura . . . » » 0.002 |                                                            |                      |                      |                               |
|               |                                  | Torna . . . m. c. 0.015<br>Essa poi si compone di<br>M. c. 0.0075 di calce in pasta in                                                                              |                                                            |                      |                      |                               |

| Num. d'ordine | OGGETTO<br>DELL'ANALISI                          | ELEMENTI<br>PER UNITÀ DI MISURA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | N. corrispondente<br>alla Tabella dei<br>prezzi elementari | Prezzi<br>elementari                      | Prodotti<br>parziali                              | Prezzo per<br>unità di misura |
|---------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------|
|               |                                                  | ragione di m. c. 0.50 di calce<br>per ogni m. c. di malta . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 8                                                          | 18                                        | 0.135                                             |                               |
|               |                                                  | M. c. 0.011 di sabbia in ragione<br>di m. c. 0.75 di sabbia per m.<br>c. 1 di malta . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 7                                                          | 1.60                                      | 0.017                                             |                               |
|               |                                                  | 0.005 di giornata di muratore per<br>l'impasto della malta . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 39                                                         | 2.25                                      | 0.011                                             |                               |
|               |                                                  | 0.005 idem di manovale per l'as-<br>sistenza . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 40                                                         | 1.50                                      | 0.007                                             |                               |
|               |                                                  | 0.05 di giornata di muratore per<br>la rabboccatura . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 39                                                         | 2.25                                      | 0.112                                             |                               |
|               |                                                  | 0.075 idem idem per l'arricciatura.<br>0.050 idem idem per la finale in-<br>tonacatura . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 39                                                         | 2.25                                      | 0.168                                             |                               |
|               |                                                  | 0.087 di giornata di manovale in<br>ragione della metà del tempo<br>totale del muratore . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 40                                                         | 1.50                                      | 0.143                                             |                               |
|               |                                                  | 0.017 di giornata di capo mastro<br>muratore in ragione del $\frac{1}{10}$ del<br>tempo impiegato dal muratore.<br>Spese accessorie per consumo d'at-<br>trezzi pontaggi ecc., calcolati in<br>ragione di L. 0.30 per giornata<br>di muratore e manovale . . .                                                                                                                                                                                                                                  | 41                                                         | 3.50                                      | 0.059                                             |                               |
|               |                                                  | —                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | —                                                          | —                                         | 0.07                                              |                               |
|               |                                                  | —                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | —                                                          | —                                         | Totale L.                                         | 0.738                         |
| 16            | Prezzo di m. q. 1<br>d'imbiancatura a 2<br>mani. | Per ogni mano o strato d'imbian-<br>catura a m. q. 100 di superficie<br>occorrono: m. c. 0.14 calce spenta<br>C. g. 1.80 colla di Germania . .<br>0.4 di giornata di muratore per<br>purgare, sciogliere la calce, ed<br>eseguire l'imbiancatura . . . .<br>0.2 di giornata di manovale . . .<br>Spese accessorie per consumo di<br>pennelli ecc. . . . .<br>Spesa per m. q. 100 ad una mano.<br>Spesa per m. q. 1 ad una mano.<br>Importo per m. q. 1 d'imbianca-<br>tura a due mani . . . . . | 8<br>19<br><br>39<br>40<br>—<br>—<br>—                     | 18<br>1.30<br><br>2.25<br>1.50<br>—<br>L. | 2.52<br>2.34<br><br>9.00<br>3.00<br>0.07<br>16.93 | 0.17<br>0.34                  |

| Num. d'ordine | OGGETTO<br>DELL'ANALISI                                                                                | ELEMENTI<br>PER UNITÀ DI MISURA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | N. corrispondente<br>alla Tabella dei<br>prezzi elementari | Prezzi<br>elementari                                             | Prodotti<br>parziali                                                       | Prezzo per<br>unità di misura |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
|               |                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                            | L. C.                                                            | L. C.                                                                      |                               |
| 17            | Prezzo di m. q. 1<br>di cortina a due<br>teste di mattoni, per<br>canna da pozzo di<br>acqua potabile. | <b>Analisi per i lavori diversi (1).</b><br>Mattoni N° 165 (2) . . . . .<br>Malta m. c. 0.086 (3) composta<br>con m. c. 0.031 di calce in pasta<br>in ragione di m. c. 0.36 per<br>m. c. 1 di malta . . . . .<br>M. c. 0.076 di sabbia . . . . .<br>0.019 di giornata di muratore per<br>l'impasto di detta malta . . . . .<br>0.019 idem di manovale per assi-<br>stere all'innaffiamento . . . . .<br>0.238 di giornata di muratore per<br>costruire m. q. 1 di cortina. . . . .<br>0.47 di manovale per l'assistenza . . . . .<br>0.057 di giornata di capo mastro.<br>Spese accessorie per consumo at-<br>trezzi, nolo di macchine, cordami,<br>ecc., in ragione di L. 0.15 per<br>giornata di muratore e manovale | 1<br>8<br>7<br>39<br>40<br>39<br>40<br>41<br>—             | 25.00<br>18<br>1.60<br>2.25<br>1.50<br>2.25<br>1.50<br>3.50<br>— | 4.125<br>0.56<br>0.12<br>0.042<br>0.03<br>0.535<br>0.705<br>0.199<br>0.106 |                               |
|               |                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                            |                                                                  | Totale L.                                                                  | 6.422                         |
| 18            | Prezzo del serra-<br>mento del portone<br>principale, di m. q.<br>3.92 essendo a due<br>imposte.       | Per ogni m. q. di portone, occor-<br>rono m. q. 1.10 di tavole d'abete<br>per il fusto, e grosse m. 0.04 . . . . .<br>M. q. 1.80 di tavole d'abete per<br>la fodera, grosse m. 0.03, essen-<br>dovi comprese le religature e<br>contorni . . . . .<br>C. g: 1 chiodi da 30 . . . . .<br>2 giornate da falegname . . . . .<br>2 idem da garzone . . . . .<br>0.4 di giornata di capo falegname.<br>Spese accessorie per colla ed altro.<br>Prezzo per m. q. 1 di portone . . . . .<br>Prezzo per i m. q. 3.92 del portone<br><i>A riportarsi</i>                                                                                                                                                                        | 24<br>25<br>31<br>42<br>43<br>44<br>—<br>—<br>—            | 3.50<br>2.10<br>0.80<br>2.25<br>1.50<br>3.50<br>—<br>—<br>—      | 3.85<br>3.78<br>0.80<br>4.50<br>3.00<br>1.40<br>0.50<br>17.83<br>—         | 69.89<br>69.89                |

(1) Limito le analisi dei prezzi dei lavori d'arte, alle cose e lavori principali, sia perchè parecchi dei prezzi di essi si deducono dalla Tabella dei prezzi elementari che precede l'analisi, sia per non estendere quest'analisi, oltre i limiti d'un saggio.

(2) Il numero dei mattoni si determina colla formula  $n = \frac{1.10 \cdot l}{v}$  nella quale  $l$  è la lunghezza del mattone, e  $v$  il volume. Quando la cortina fosse ad una testa  $l$  rappresenterebbe la larghezza del mattone.

(3) Il volume della malta si determina colla formula m. c. 0.008  $N \cdot l \cdot l' + g \cdot (l + l')$  nella quale  $N$  è il numero dei mattoni  $l, l', g$  le dimensioni di lunghezza, larghezza, e grossezza del mattone.



| Num. d'ordine | OGGETTO<br>DELL' ANALISI                                                                                     | ELEMENTI<br>PER UNITÀ DI MISURA                                                                                                                                                     | N. corrispondente<br>alla Tabella dei<br>prezzi elementari | Prezzi<br>elementari | Prodotti<br>parziali | Prezzo per<br>unità di misura |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|
|               |                                                                                                              | <i>Riporto</i>                                                                                                                                                                      |                                                            | L. C.                | L. C.                | 69.89                         |
|               |                                                                                                              | Per la posizione in opera e com-<br>pimento di detto portone, oc-<br>corrono C. g: 21 di ferramenta<br>per 6 arpioni e bandelle grandi.                                             | 28                                                         | 1.50                 | 31.50                |                               |
|               |                                                                                                              | N° 2 serrature robuste e catenaccio.                                                                                                                                                | 33                                                         | 8.00                 | 16.00                |                               |
|               |                                                                                                              | C. g: 2 chiodi da 30 per porre in<br>opera questa ferramenta . . .                                                                                                                  | 31                                                         | 0.80                 | 1.60                 |                               |
|               |                                                                                                              | 2 giornate da falegname per porre in<br>opera il portone colle ferramenta                                                                                                           | 42                                                         | 2.25                 | 4.50                 |                               |
|               |                                                                                                              | 2 idem da garzone. . . . .                                                                                                                                                          | 43                                                         | 1.50                 | 3.00                 |                               |
|               |                                                                                                              | 0.60 di giornata da muratore . .                                                                                                                                                    | 39                                                         | 2.25                 | 1.35                 |                               |
|               |                                                                                                              | 0.60 idem da manovale . . . . .                                                                                                                                                     | 40                                                         | 1.50                 | 0.90                 |                               |
|               |                                                                                                              | C. g: 9 di gesso per gli arpioni.                                                                                                                                                   | 9                                                          | 1.80                 | 15.20                |                               |
|               |                                                                                                              | 0.75 di giornata capo falegname<br>per la sorveglianza . . . . .                                                                                                                    | 44                                                         | 3.50                 | 2.72                 |                               |
|               |                                                                                                              | Spese accessorie. . . . .                                                                                                                                                           | —                                                          | —                    | 0.75                 |                               |
|               |                                                                                                              | Importo posizione in opera, e com-<br>pimento . . . . .                                                                                                                             | —                                                          | —                    | —                    | 77.52                         |
|               |                                                                                                              | Importo totale portone . . . . .                                                                                                                                                    | —                                                          | —                    | —                    | 147.41                        |
| 19            | Prezzo d'un serra-<br>mento a cristalli per<br>finestre, con con-<br>torni sagomati, per<br>il pian terreno. | Per il telaio maestro, o stipiti da<br>addossarsi a quelli esterni della<br>finestra, occorrono m. q. 0.4950<br>di tavole d'abete grosse m.<br>0.04 (1) . . . . .                   | 26                                                         | 3.50                 | 1.73                 |                               |
|               |                                                                                                              | M. q. 2.0152 di tavole d'abete,<br>grosse m. 0.04 per le imposte<br>a cristalli (2) . . . . .                                                                                       | 26                                                         | 3.50                 | 6.45                 |                               |
|               |                                                                                                              | M. q. 0.05 per le divisioni dei cri-<br>stalli essendo formate di un sol<br>pezzo e in ragione di m. q. 0.02<br>per m. lineari di fuga, con tra-<br>vetti di m. 0.03 di grossezza . | 27                                                         | 2.10                 | 0.105                |                               |
|               |                                                                                                              | <i>A riportarsi</i>                                                                                                                                                                 |                                                            | L.                   | 8.285                |                               |

(1) Questa quantità si determina con la formula, m. q.  $0.075 (p + 0.60)$  nella quale  $p$  esprime la lunghezza in metri del perimetro della finestra.

(2) La formula a mezzo della quale si determina questa quantità è la seguente,  $4.10 (s - r)$ ; nella quale  $s$  esprime la superficie del vano della finestra, e  $r$  quella dei vani dei cristalli o vetri da porsi in opera.

Quando la finestra è terminata ad arco di circolo, la quantità di legname per le imposte si determina con la formula  $4.20 (s - r)$ ; se poi la finestra fosse semicircolare, o rotonda la formula stessa si modifica nella seguente  $1.33 (s - r)$ .

| Num. d'ordine | OGGETTO<br>DELL'ANALISI                                                                                                                                                     | ELEMENTI<br>PER UNITÀ DI MISURA | N. corrispondente<br>alla Tabella dei<br>prezzi elementari | Prezzi<br>elementari | Prodotti<br>parziali | Prezzo per<br>unità di misura |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|
|               |                                                                                                                                                                             | <i>Riporto</i>                  |                                                            | L. c.                | L. c.                |                               |
|               | C. g: 0.80 di ferramenti minuti<br>per arpesi o chiavelle per af-<br>francare il telaio. . . . .                                                                            |                                 | 29                                                         | 1.80                 | 1.44                 |                               |
|               | C. g: 4 di ferramenti minuti per<br>N° 6 gangheretti e corrispon-<br>denti bandelle a squadra per<br>sostegno delle imposte a cristalli,<br>e corrispettiva spagnoletta . . |                                 | 29                                                         | 1.80                 | 7.20                 |                               |
|               | N° 8 cristalli della riquadratura<br>di m. 0.475 per m. 0.425 . . .                                                                                                         |                                 | 18                                                         | 0.70                 | 5.60                 |                               |
|               | 3.30 giornata di falegname . . .                                                                                                                                            |                                 | 42                                                         | 2.25                 | 7.425                |                               |
|               | 3.30 idem di garzone . . . . .                                                                                                                                              |                                 | 43                                                         | 1.50                 | 4.95                 |                               |
|               | 0.60 idem di capo falegname . .                                                                                                                                             |                                 | 44                                                         | 3.50                 | 2.10                 |                               |
|               | 0.60 idem di muratore . . . . .                                                                                                                                             |                                 | 39                                                         | 2.25                 | 1.350                |                               |
|               | C. g: 8 di gesso . . . . .                                                                                                                                                  |                                 | 9                                                          | 1.80                 | 14.40                |                               |
|               | M. q. 1.20 di tavole d'abete grosse<br>m. 0.03 per le intelaiature e<br>specchiature per gli scuretti . .                                                                   |                                 | 25                                                         | 2.10                 | 2.52                 |                               |
|               | C. g: 2 di ferramenti minuti<br>per gangheretti e corrispondenti<br>bandelle . . . . .                                                                                      |                                 | 29                                                         | 1.8                  | 3.60                 |                               |
|               | 1.20 di giornata di falegname per<br>comporre gli scuretti . . . . .                                                                                                        |                                 | 42                                                         | 2.25                 | 2.70                 |                               |
|               | 0.47 idem idem per inchiodare i<br>ferramenti, perfezionare e adat-<br>tare gli scuretti alla finestra . .                                                                  |                                 | 42                                                         | 2.25                 | 1.05                 |                               |
|               | 0.33 idem di capo falegname . .                                                                                                                                             |                                 | 44                                                         | 3.50                 | 1.15                 |                               |
|               | Spese accessorie per il telaio e<br>per l'imposta . . . . .                                                                                                                 |                                 | —                                                          | —                    | 0.25                 |                               |
|               | Idem per gli scuretti, in ragione<br>di L. 0.15 per giornata di fale-<br>gname . . . . .                                                                                    |                                 | —                                                          | —                    | 0.25                 |                               |
|               | Importo d'un serramento a cri-<br>stalli per finestra . . . . .                                                                                                             |                                 |                                                            |                      | Totale L             | 64.260                        |

*Addi . . . . . 18 . .*

**Il Perito Costruttore**

N. N.

**UFFICIO D'ARTE**  
DEL PERITO COSTRUTTORE N. N.



PROVINCIA DI .....

CIRCONDARIO DI .....

**Proposta d'una Casa Civile**



**STIMA DEI LAVORI**



..... (1) addì ..... 18 ..

**Il Perito Costruttore**

N. N.

(1) Città in cui risiede l'ufficio d'arte.



| N. d'ordine                     | DESIGNAZIONE DEI LAVORI                                                              | Quantità* |         | N. corrispondente delle Analisi | Prezzo |         | Importare dei lavori |                      |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------|---------------------------------|--------|---------|----------------------|----------------------|
|                                 |                                                                                      |           |         |                                 |        |         | Parziale             | Totale da appaltarsi |
|                                 |                                                                                      |           |         |                                 |        |         |                      |                      |
|                                 |                                                                                      |           |         |                                 | L.     | C.      |                      | isura                |
| 1                               | Scavi per le fondazioni della casa, e trasporto della terra alla distanza di m. 620. | m.c.      | 40.152  | 1                               | 1.365  | 54.80   |                      | 54.80                |
| 2                               | Idem idem del pozzo nero, id. trasporto.                                             | m.c.      | 12.444  | 2                               | 1.452  | 18.16   |                      | 18.16                |
| 3                               | Id. del pozzo d'acqua potabile, id. id.                                              | m.c.      | 6.161   | 3                               | 1.38   | 8.50    |                      | 8.50                 |
| 4                               | Muratura a mezza materia . . . . .                                                   | m.c.      | 39.655  | 4                               | 14.54  | 576.58  |                      | 576.58               |
| 5                               | Muratura a mattoni nuovi per fondazione                                              | m.c.      | 3.856   | 5                               | 14.464 | 55.77   |                      | 55.77                |
| 6                               | Muratura a mattoni nuovi per elevazione                                              | m.c.      | 174.641 | 6                               | 15.841 | 2766.48 |                      | 2766.48              |
| 7                               | Incoltellate o tramezzi                                                              | m.q.      | 28.70   | 7                               | 1.181  | 33.89   |                      | 33.89                |
| 8                               | Piattabande . . . . .                                                                | m.q.      | 10.65   | 8                               | 5.453  | 57.97   |                      | 57.97                |
| 9                               | Archi . . . . .                                                                      | m.q.      | 38.22   | 9                               | 5.303  | 202.68  |                      | 202.68               |
| 10                              | Völle . . . . .                                                                      | m.q.      | 8.82    | 10                              | 5.303  | 46.77   |                      | 46.77                |
| 11                              | Breccia . . . . .                                                                    | m.c.      | 23.095  | 11                              | 4.47   | 103.23  |                      | 103.23               |
| 12                              | Pavimento a pian terreno . . . . .                                                   | m.q.      | 91.46   | 12                              | 1.853  | 169.47  |                      | 169.47               |
| 13                              | Solai . . . . .                                                                      | m.q.      | 84.36   | 13                              | 6.50   | 548.34  |                      | 548.34               |
| 14                              | Soffitti . . . . .                                                                   | m.q.      | 164.10  | 14                              | 2.623  | 430.43  |                      | 430.43               |
| 15                              | Tetto . . . . .                                                                      | m.q.      | 142.40  | 15                              | 7.89   | 1123.53 |                      | 1123.53              |
| 16                              | Intonaco . . . . .                                                                   | m.q.      | 1246.26 | 16                              | 0.710  | 884.84  |                      | 884.84               |
| 17                              | Imbiancatura . . . .                                                                 | m.q.      | 1470.36 | 17                              | 0.31   | 455.81  |                      | 455.81               |
| 18                              | Cortina interna del pozzo d'acqua potabile . . . . .                                 | m.q.      | 21.12   | 18                              | 5.99   | 126.50  |                      | 126.50               |
| 19                              | Serramento del portone                                                               | N. I      | 1       | 19                              | 147.41 | 147.41  |                      | 147.41               |
| 20                              | Serramenti a cristalli per finestra del pian terreno. . .                            | N. II     | 20      | 20                              | 64.225 | 706.175 |                      | 706.75               |
| Totale dell'opera da appaltarsi |                                                                                      |           |         |                                 |        |         | 7461.14              | 7461.14              |

Spesso, alla somma totale, s'aggiunge una somma che si lascia a disposizione di chi ha cura della costruzione dell'opera, sia per spese imprevedute, sia per retribuzione della persona incaricata della sorveglianza dei lavori.

Addi . . . . . 18 . .

**Il Perito Costruttore**  
N. N.



**UFFICIO D'ARTE**  
DEL PERITO COSTRUTTORE N. N.

---

PROVINCIA DI .....

CIRCONDARIO DI .....

**Proposta di una Casa Civile**

---

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO (1)**

---

..... (2) addì .... 18 ..

**Il Perito Costruttore**  
N. N.

(1) Secondo l'articolo 330 della Legge sui Lavori pubblici, 20 marzo 1865, debbono far parte integrale del contratto i disegni o tipi delle opere che si devono eseguire, e il Capitolato speciale d'appalto. Sono esclusi quindi tutti gli altri documenti di perizia che sono annessi alla proposta.

(2) Città in cui risiede l'Ufficio d'Arte.





## CAPO PRIMO.

OGGETTO DELL'APPALTO, DESIGNAZIONE, FORMA,  
E PRINCIPALI DIMENSIONI DELL'OPERA D'ARTE.

## Articolo 1.

L'appalto ha per oggetto la costruzione d'una casa civile, Oggetto dell'appalto  
e di tutte le opere riferentesi ad essa, e qui sotto indicate.

## Articolo 2.

La casa verrà costruita nella via . . . . . alla distanza Designazione e forma  
dall'edifizio . . . . . di m. . . . ., sarà prospiciente a  
mezzogiorno colla facciata principale, e occuperà un'area  
in forma rettangolare di m. q. 168, colla lunghezza di  
m. 14, e colla larghezza di m. 12.

## Articolo 3.

La casa sarà a due piani, pian terreno e piano supe- Principali dimensioni  
riore, e della totale altezza di m. 7,32 dalla linea del suolo dell'opera d'arte.  
alla linea estrema del listello superiore della cornice.

a) Il piano terreno sarà alto m. 4,16 dal suolo alla  
linea superiore della fascia, che come mostra la figura 1<sup>a</sup>,  
Tav. II, separa e distingue i due piani.

b) Il piano superiore sarà alto m. 3,16 dalla stessa  
linea della fascia all'estremo della cornice.

c) La cornice deve esser alta m. 0,47 rimanendo  
formata da un listello e gola dritta in latta, per così poter  
ricevere le acque che cadono sul tetto, e le quali poi si  
scaricano a mezzo di tubi cilindrici in latta, fissati stabil-  
mente sulla facciata della casa;

d) da un listello seguito da gocciolatoio, sporgente  
per m. 0,24 dallo spigolo della facciata; da altro listello,  
e da due fascie, l'ultima delle quali dista per m. . . . .  
dalla linea esterna dell'architrave delle finestre del piano  
superiore.

*(Segue la descrizione della casa, e delle sue parti.)*

## CAPO SECONDO.

MODO D'ESEGUIMENTO D'OGNI CATEGORIA DI LAVORO,  
QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI,  
ORDINE A TENERSI NELL'ANDAMENTO DEI LAVORI.

## Articolo . . . .

Scavi per i muri di  
fondazione

Gli scavi occorrenti alla fondazione dei muri perimetrali della casa, verranno eseguiti per una profondità di m. 1,40 e per una larghezza di m. 0,60.

Altrettanto si faccia per i muri trasversali della casa, e che racchiudono la gabbia della scala. Lo scavo poi del muro trasversale di destra, si eseguisca solo per una profondità di m. 0,60 e per una larghezza di m. 0,45.

*(Seguono gli scavi per il pozzo d'acqua potabile, e per il pozzo nero.)*

## Articolo . . . .

Trasporto delle terre

Tutte le terre scavate saranno trasportate a mezzo di carrette ad un cavallo nelle adiacenze dei pubblici scarichi, i quali distano 620 metri dalla località degli scavi medesimi.

## Articolo . . . .

Muri di fondazione  
della casa

I muri di riempimento dei suaccennati scavi di fondazione per la casa, si costruiranno con mezza materia, ossia, frammischiando metà mattoni nuovi e metà mattoni usati. Il materiale però sarà posto a mano e con diligenza, bene innaffiato, e curando di collegare i pezzi a modo che due commessure di mattoni, per due strati successivi, non siano mai sullo stesso piano verticale. La malta per collegare questi mattoni sarà formata con  $\frac{1}{3}$  in volume di calce spenta in pasta e con  $\frac{2}{3}$  in volume di sabbia di fiume.

L'opera dovrà progredire per strati orizzontali per tutta l'estensione delle fondazioni.

Articolo . . . .

Segue muri di fondazione a mattoni nuovi.

Articolo . . . .

Segue muri sopra terra a mattoni nuovi, comprendovi le piattabande, gli archi, e le volte.

Articolo . . . .

Seguono così tutte le categorie di lavoro ed opere d'arte riportate nel computo metrico. Si avverta però, che per ciascun'opera si devono chiaramente indicare le condizioni di buona costruzione, le distanze fra le differenti parti elementari dell'opera medesima, e tutto ciò infine che è stato nelle viste del perito costruttore.

Dopo la specifica di tutte le condizioni per le differenti categorie di lavoro, segue il

CAPO TERZO.

PREZZO DEI LAVORI. MODO DI VALUTARLI E NORME  
PER LA RELATIVA CONTABILITÀ.

Articolo . . . .

I lavori fin qui descritti, s'intendono appaltati in parte a corpo, e in parte a misura, ai prezzi risultanti dalla seguente Tabella, sotto deduzione del ribasso portato dal contratto.

Designazione  
ed importo dei lavori

| Numero progress.<br>degli articoli | DESIGNAZIONE DEI LAVORI                                                              | AMMONTARE DEI LAVORI    |                          |          |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------|----------|
|                                    |                                                                                      | appaltati<br>a<br>corpo | appaltati<br>a<br>misura | TOTALE   |
| 1                                  | Scavi per le fondazioni della casa, e trasporto alla distanza di metri 620 . . . . . |                         | 54, 80                   | 54, 80   |
| 2                                  | Idem del pozzo nero, idem . . . . .                                                  |                         | 18, 16                   | 18, 16   |
| 3                                  | Idem del pozzo d'acqua potabile, idem . . . . .                                      |                         | 8, 50                    | 8, 50    |
| 4                                  | Muratura a mezza materia . . . . .                                                   |                         | 576, 58                  | 576, 58  |
| 5                                  | Muratura a mattoni nuovi per fondazione . . . . .                                    |                         | 55, 77                   | 55, 77   |
| 6                                  | Muratura a mattoni nuovi per elevazione . . . . .                                    |                         | 2766, 48                 | 2766, 48 |
| 7                                  | Incoltellate o tramezzi . . . . .                                                    |                         | 33, 89                   | 33, 89   |
| 8                                  | Piattabande . . . . .                                                                |                         | 57, 97                   | 57, 97   |
| 9                                  | Archi . . . . .                                                                      |                         | 202, 68                  | 202, 68  |
| 10                                 | Völte . . . . .                                                                      |                         | 46, 77                   | 46, 77   |
| 11                                 | Breccia . . . . .                                                                    |                         | 103, 23                  | 103, 23  |
| 12                                 | Pavimento a pian terreno . . . . .                                                   |                         | 169, 47                  | 169, 47  |
| 13                                 | Solai . . . . .                                                                      |                         | 548, 34                  | 548, 34  |
| 14                                 | Soffitti . . . . .                                                                   |                         | 430, 43                  | 430, 43  |
| 15                                 | Tetto . . . . .                                                                      |                         | 1123, 53                 | 1123, 53 |
| 16                                 | Intonaco . . . . .                                                                   |                         | 884, 84                  | 884, 84  |
| 17                                 | Imbiancatura . . . . .                                                               |                         | 455, 81                  | 455, 81  |
| 18                                 | Cortina interna del pozzo d'acqua potabile . . . . .                                 |                         | 126, 50                  | 126, 50  |
| 19                                 | Serramento del portone . . . . .                                                     |                         | 147, 41                  | 147, 41  |
| 20                                 | Serramenti a cristalli per finestre del piano terreno . . . . .                      |                         | 706, 75                  | 706, 75  |

Articolo . . . .

**Elenco dei prezzi unitari**

I prezzi unitari, in base ai quali, e sotto deduzione del patuito ribasso, saranno pagati i lavori appaltati a misura, si trovano registrati nella seguente tabella.

*Elenco dei prezzi in base dei quali, sotto deduzione del pattuito ribasso saranno pagati i lavori appaltati a misura.*

| N. progressivo | Indicazione dei lavori                                                   | Unità di misura<br>cui si<br>riferisce il prezzo | Prezzo dell'unità di misura                    |                      |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------|
|                |                                                                          |                                                  | espresso in tutte lettere                      | espresso<br>in cifre |
| 1              | Scavi per le fondazioni della casa e trasporto alla distanza di m. 620 . | m. c.                                            | lire una, e trentasei cent.                    | 1.36                 |
| 2              | Idem idem del pozzo nero idem . . . . .                                  | m. c.                                            | lire una, e quarantacinque cent. . . . .       | 1.45                 |
| 3              | Idem del pozzo d'acqua potabile idem idem. . . . .                       | m. c.                                            | lire una, e trentotto cent.                    | 1.38                 |
| 4              | Muratura a mezza materia . . . . .                                       | m. c.                                            | lire quattordici, e cinquantaquattro cent. . . | 14.54                |
| 5              | Muratura a mattoni nuovi per la fondazione . . . . .                     | m. c.                                            | lire quattordici, e sessanta cent. . . . .     | 14.60                |
| 6              | Muratura a mattoni nuovi per elevazione                                  | m. c.                                            | lire quindici, e quarantotto cent. . . . .     | 15.48                |
| 7              | Incoltellate a tramezzi . . . . .                                        | m. q.                                            | lire una, e diciotto cent.                     | 1.18                 |
| 8              | Piattabande . . . . .                                                    | m. q.                                            | lire cinque, e settantatre cent. . . . .       | 5.73                 |
| 9              | Archi . . . . .                                                          | m. q.                                            | lire cinque, e sessant'un cent. . . . .        | 5.61                 |
| 10             | Vólte . . . . .                                                          | m. q.                                            | lire cinque, e sessant'un cent. . . . .        | 5.61                 |
| 11             | Breccia . . . . .                                                        | m. c.                                            | lire quattro, e quarantasette cent. . . . .    | 4.47                 |
| 12             | Pavimento a pian terreno . . . . .                                       | m. q.                                            | lire una, e novantasette cent. . . . .         | 1.97                 |

| N. progressivo | Indicazione dei lavori                                               | Unità di misura<br>cui si<br>riferisce il prezzo | Prezzo dell'unità di misura                           |                      |
|----------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------|
|                |                                                                      |                                                  | espresso in tutte lettere                             | espresso<br>in cifre |
| 13             | Solai . . . . .                                                      | m. q.                                            | lire sei, e novantaquattro<br>cent. . . . .           | 6.94                 |
| 14             | Soffitti . . . . .                                                   | m. q.                                            | lire due, e quarantaquat-<br>tro cent. . . . .        | 2.44                 |
| 15             | Tetto . . . . .                                                      | m. q.                                            | lire sette, e ottantanove<br>cent. . . . .            | 7.89                 |
| 16             | Intonaco . . . . .                                                   | m. q.                                            | lire zero, e settantre cent.                          | 0.73                 |
| 17             | Imbiancatura. . . . .                                                | m. q.                                            | lire zero, e trentaquattro<br>cent. . . . .           | 0.34                 |
| 18             | Cortina interna del<br>pozzo d'acqua pota-<br>bile . . . . .         | m. q.                                            | lire sei, e quarantadue<br>cent. . . . .              | 6.42                 |
| 19             | Serramento del por-<br>tone . . . . .                                | ognun                                            | lire centoquarantasette, e<br>quarantuno cent. . . .  | 147.41               |
| 20             | Serramenti a cristalli<br>per finestra del pian<br>terreno . . . . . | ognun                                            | lire sessantaquattro, e ven-<br>tisette cent. . . . . | 64.27                |

## CAPO QUARTO

## DISPOSIZIONI PARTICOLARI RISGUARDANTI L'APPALTO

Queste disposizioni debbono essere specificate in appositi articoli, tutti numerati seguendo l'ordine progressivo degli articoli che comprendono i precedenti capi primo, secondo, e terzo. Fra queste disposizioni sono notevoli le seguenti:

*Osservanza del Capitolato,*  
*Cauzione provvisoria,*  
*Cauzione definitiva,*  
*Supplente all'appaltatore,*  
*Soccorso agli operai feriti o ammalati,*  
*Qualità e peso dei materiali,*  
*Tempo utile a dar compiuti i lavori,*  
*Pagamenti in acconto,*  
*Collando, saldo dei lavori, e restituzione della cauzione (1).*

---

(1) Tutte queste disposizioni trovansi largamente specificate nel *Capitolato generale d'appalto*, pubblicato per cura del Ministero dei lavori pubblici, e a cui rimando il lettore, quando, il titolo delle disposizioni da me accennate, e di tutte quelle altre, che il lettore può immaginare per la maggiore regolarità dell'esecuzione dell'opera proposta, non lo istruisse sull'entità delle disposizioni medesime.

A dì . . . 18 . . .

**Il Perito Costruttore**

N. N.

FINE DELL' APPENDICE E DEL TRATTATO DI COSTRUZIONE.

# INDICE

---

|                        |          |
|------------------------|----------|
| DEDICA . . . . .       | Pag. III |
| LETTERA . . . . .      | » V      |
| AVVERTENZA . . . . .   | » VII    |
| INTRODUZIONE . . . . . | » I      |

## LIBRO PRIMO.

### Materiali da Costruzione

|          |                                                                        |        |
|----------|------------------------------------------------------------------------|--------|
| CAPITOLO | I. — Pietre naturali . . . . .                                         | Pag. 3 |
| »        | II. — Laterizi . . . . .                                               | » 10   |
| »        | III. — Calci e sue differenti specie . . . . .                         | » 17   |
| »        | IV. — Cementi . . . . .                                                | » 25   |
| »        | V. — Pozzolane . . . . .                                               | » 27   |
| »        | VI. — Arene . . . . .                                                  | » 29   |
| »        | VII. — Sabbie . . . . .                                                | » 30   |
| »        | VIII. — Gesso . . . . .                                                | » 31   |
| »        | IX. — Malte . . . . .                                                  | » 35   |
| »        | X. — Smalto e calcestruzzo . . . . .                                   | » 43   |
| »        | XI. — Pietre artificiali . . . . .                                     | » 48   |
| »        | XII. — Bitumi e mastici bituminosi . . . . .                           | » 49   |
| »        | XIII. — Del legname come materiale di costruzione . . . . .            | » 53   |
| »        | XIV. — Metalli e leghe metalliche impiegati nella costruzione. . . . . | » 64   |
| »        | XV. — Varii altri materiali da costruzione. . . . .                    | » 69   |

## LIBRO SECONDO.

### Resistenza dei Materiali.

|          |                                                                            |         |
|----------|----------------------------------------------------------------------------|---------|
| CAPITOLO | I. — Considerazioni generali . . . . .                                     | Pag. 70 |
| »        | II. — Resistenza all'estensione . . . . .                                  | » 71    |
| »        | III. — Solidi omogenei di eguale resistenza alla trazione . . . . .        | » 77    |
| »        | IV. — Resistenza delle lamine e delle loro unioni all'estensione . . . . . | » 79    |
| »        | V. — Resistenza alla compressione . . . . .                                | » 83    |
| »        | VI. — Resistenza alla flessione e I caso di flessione. . . . .             | » 91    |
| »        | VII. — II caso di flessione . . . . .                                      | » 112   |
| »        | VIII. — III caso di flessione . . . . .                                    | » 115   |
| »        | IX. — Solidi di uniforme resistenza alla flessione . . . . .               | » ivi   |
| »        | X. — Resistenza alla torsione . . . . .                                    | » 119   |



## LIBRO TERZO.

\ **Lavori di terra.**

|                 |                                                                      |                 |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>CAPITOLO</b> | <b>I. — Considerazioni generali . . . . .</b>                        | <b>Pag. 126</b> |
| »               | II. — Sterri . . . . .                                               | » 128           |
| »               | III. — Trasporto delle terre . . . . .                               | » 131           |
| »               | IV. — Distanze dei trasporti . . . . .                               | » 146           |
| »               | V. — Costruzione degli sterri . . . . .                              | » 152           |
| »               | VI. — Scarpe degli sterri e loro rivestimento . . . . .              | » 160           |
| »               | VII. — Costruzione dei rinterri, loro scarpe e rivestimenti. . . . . | » 165           |

## LIBRO QUARTO.

\ **Lavori in muratura e fondazioni.**

|                 |                                                  |                 |
|-----------------|--------------------------------------------------|-----------------|
| <b>CAPITOLO</b> | <b>I. — Muratura in pietre naturali. . . . .</b> | <b>Pag. 173</b> |
| »               | II. — Muratura laterizia . . . . .               | » 180           |
| »               | III. — Vari altri generi di muratura . . . . .   | » 181           |
| »               | IV. — Fondazioni . . . . .                       | » 184           |
| »               | V. — Fondazioni ordinarie . . . . .              | » 186           |
| »               | VI. — Fondazioni idrauliche . . . . .            | » 200           |

## LIBRO QUINTO.

\ **Lavori in legname e in ferro.**

|                 |                                        |                 |
|-----------------|----------------------------------------|-----------------|
| <b>CAPITOLO</b> | <b>I. — Lavori in legname. . . . .</b> | <b>Pag. 208</b> |
| »               | II. — Lavori in ferro. . . . .         | » 213           |

## LIBRO SESTO.

\ **Costruzioni civili, rurali ed idrauliche.**

|                 |                                                                                                                  |                 |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>CAPITOLO</b> | <b>I. — Costruzioni civili . . . . .</b>                                                                         | <b>Pag. 219</b> |
| »               | II. — Dimensioni delle differenti parti d'un edificio e norme per la costruzione di esse . . . . .               | » 221           |
| »               | III. — Solai, soffitti e pavimenti . . . . .                                                                     | » 229           |
| »               | IV. — Volte . . . . .                                                                                            | » 238           |
| »               | V. — Armatura e disarmo delle volte . . . . .                                                                    | » 247           |
| »               | VI. — Scale . . . . .                                                                                            | » 260           |
| »               | VII. — Tetto . . . . .                                                                                           | » 270           |
| »               | VIII. — Opere e lavori di completamento, e consolidamento delle costruzioni civili. . . . .                      | » 285           |
| »               | IX. — Riscaldamento, ventilazione, illuminazione, e distribuzione delle acque nelle costruzioni civili . . . . . | » 307           |
| »               | X. — Costruzioni rurali . . . . .                                                                                | » 319           |
| »               | XI. — Costruzioni idrauliche . . . . .                                                                           | » 339           |

## LIBRO SETTIMO.

**Equilibrio delle fabbriche o Teoria delle costruzioni.**

|          |                                                                                                          |          |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| CAPITOLO | I. — Stabilità delle costruzioni murali . . . . .                                                        | Pag. 401 |
| »        | II. — Spinta delle terre e grossezza a darsi ai muri di sostegno »                                       | 428      |
| »        | III. — Equilibrio delle volte. — Dimensioni di esse, e spese dei piedritti che le sostengono . . . . . » | 491      |
| »        | IV. — Stabilità dei solai . . . . .                                                                      | 518      |
| »        | V. — Stabilità delle incavallature per tutti e dimensioni delle parti che le compongono. . . . . »       | 522      |

## LIBRO OTTAVO.

**Ponti in legname, in muratura, in ferro, ponti sospesi.**

|          |                                                                |          |
|----------|----------------------------------------------------------------|----------|
| CAPITOLO | I. — Avvertenze generali sulla costruzione dei ponti . . . . . | Pag. 549 |
| »        | II. — Ponti in legname . . . . . »                             | 559      |
| »        | III. — Ponti in muratura . . . . . »                           | 571      |
| »        | IV. — Ponti in ferro, e ponti sospesi. . . . . »               | 595      |

## LIBRO NONO.

**Strade ordinarie e ferrate.**

|          |                                              |          |
|----------|----------------------------------------------|----------|
| CAPITOLO | I. — Strade ordinarie. . . . .               | Pag. 609 |
| »        | II. — Strade ferrate . . . . . »             | 638      |
| »        | III. — Strade ferrate economiche . . . . . » | 657      |

## LIBRO DECIMO.

**Stima d'un' opera d'arte.**

|                                                                                                   |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| CAPITOLO UNICO. — Considerazioni sulla stima preventiva e successiva d'un' opera d'arte . . . . . | Pag. 660 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|

## APPENDICE.

|                                                      |          |
|------------------------------------------------------|----------|
| Sua ragione . . . . .                                | Pag. 669 |
| Relazione . . . . . »                                | 671      |
| Tipi . . . . . »                                     | 673      |
| Computo metrico — Occupazione di terreno . . . . . » | 675      |
| Idem — Opere d'arte e lavori diversi . . . . . »     | 679      |
| Analisi dei prezzi . . . . . »                       | 699      |
| Stima . . . . . »                                    | 719      |
| Capitolato d'appalto . . . . . »                     | 722      |

FINE.

3.07332

5831007

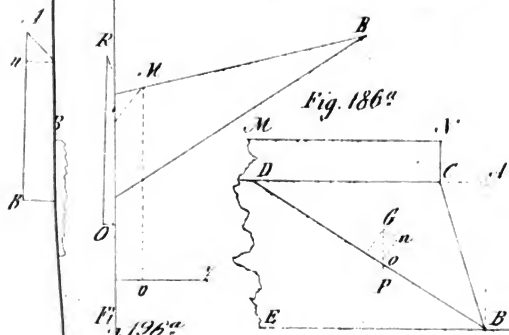


Fig. 186<sup>a</sup>

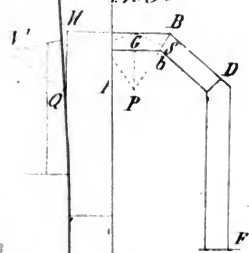


Fig. 196<sup>a</sup>

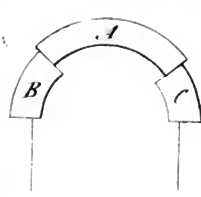


Fig. 197<sup>a</sup>

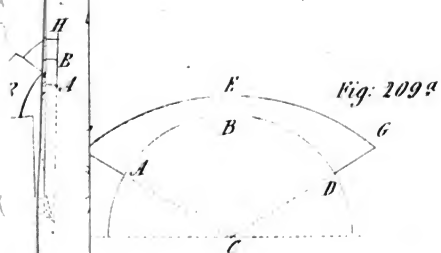


Fig. 209<sup>a</sup>



*Fig. 221<sup>a</sup>*

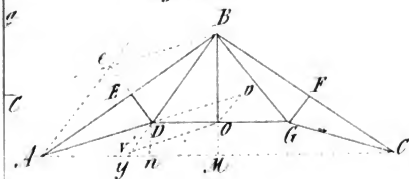


*Fig. 229<sup>a</sup>*

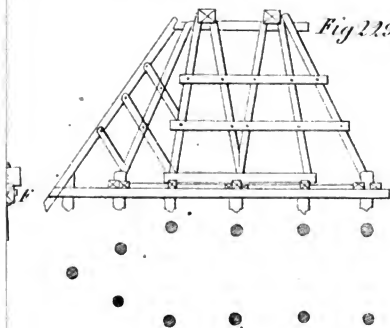
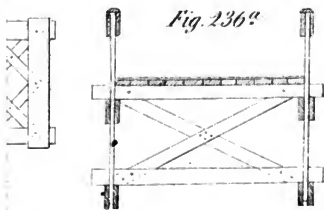


*Fig. 236<sup>a</sup>*



3.07632



Fig. 244<sup>a</sup>

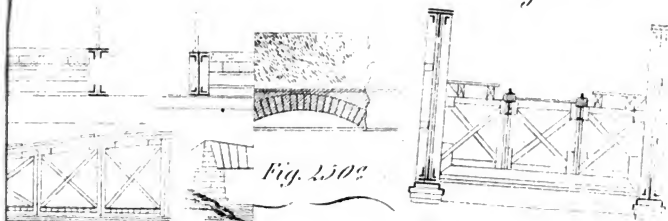


Fig. 250<sup>a</sup>

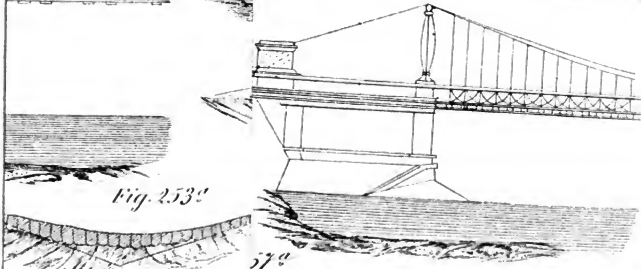


Fig. 253<sup>a</sup>



Fig. 258<sup>a</sup>

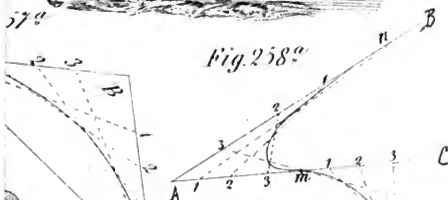


Fig. 260<sup>a</sup>

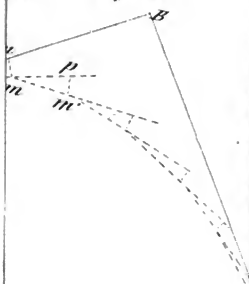


Fig. 264<sup>a</sup>

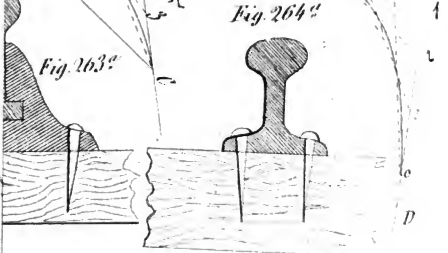


Fig. 263<sup>a</sup>



3.07632



Fig.

1

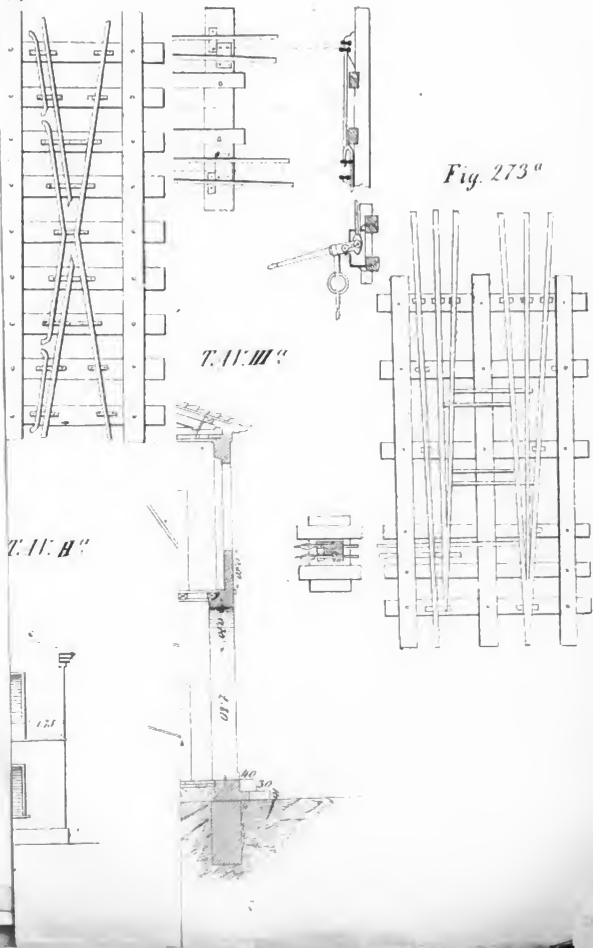


Fig. 273<sup>a</sup>

307632



---

**Prezzo della Terza Parte L. 5. 00.**

---

*Il Lettore è pregato delle mende.*



